

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ

6

1978

Библиотека  
Архангельского  
Лесотехнического  
института  
им. В. В. Куйбышева

АРХАНГЕЛЬСК

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), доц. С. И. Морозов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Г. Л. Дранишников, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Н. В. Маковский, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, доц. А. Р. Родин, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Фефилов, проф. В. Н. Худоногов, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

«Лесной журнал» публикует научные статьи сотрудников вузов по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, преподавателей вузов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978.

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

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ», № 6

(Год издания двадцать первый)

---

Сдан в набор 19/X 1978 г. Подписан к печати 2/II 1979 г.  
Форм. бум. 70x108 1/16. Печ. л. 15,4. Физ. л. 11,3. Уч.-изд. л. 15,0.  
Сл. 00005. Тираж 2430 экз. Заказ 7800. Цена 1 руб.

---

Типография им. Склянина издательства Архангельского обкома КПСС,  
г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ПОЛНЕЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСНЫХ ВУЗОВ

В современных условиях подготовка высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства неразрывно связана с развитием науки. Выпускник советской высшей школы должен прийти на производство во всеоружии знаний и навыков. Вот почему вузовские лекции, лабораторные и практические занятия, курсовое и дипломное проектирование только тогда достигают цели, когда они построены на последних достижениях науки и передового опыта. Многолетняя практика показывает, что наибольшего педагогического эффекта добиваются те преподаватели, которые сами активно занимаются научно-исследовательской работой, находятся в курсе новейших научных данных и поэтому могут поддерживать в студентах неослабевающий интерес к изучаемому предмету. Благодаря этому, без каких-либо дополнительных мер обеспечивается высокая посещаемость занятий. У студентов возникает и крепнет естественное стремление работать в научных кружках, студенческих конструкторских бюро, лабораториях и т. д.

Развитие научных исследований в вузах, рост научной квалификации педагогических кадров, укрепление лабораторной базы вузов и насыщение их оборудованием и вычислительной техникой породили новую форму связи учебы и науки — УИРС — учебную исследовательскую работу студентов.

Проверить свои силы в науке, посостязаться с коллегами не только своего, но и других вузов, поучиться у них помогают научные олимпиады, смотры, конкурсы. Все в большей мере студенты становятся непосредственными участниками реальных научных исследований, включаясь в госбюджетную и хоздоговорную научную работу кафедр.

Результатом всей этой многоплановой работы вузов является повышение уровня квалификации молодых инженерных кадров. Но перед научной деятельностью коллективов высшей школы ставится и другая не менее важная задача — повышение эффективности научных исследований. В вузах трудится большой отряд ученых — специалистов самого высокого научного уровня. Постоянные тесные контакты ученых разных кафедр и факультетов, наличие большого числа различных лабораторий дают вузовской науке известное преимущество в этом отношении. Ведь именно на стыках разных наук и научных направлений появляются наиболее интересные и продуктивные идеи и открытия.

Ученые лесотехнических вузов немало сделали для механизации и автоматизации производственных процессов и комплексного использования древесины в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности и лесном хозяйстве.

В лесных вузах создана сеть проблемных и отраслевых научно-исследовательских лабораторий, большинство которых работают над важными народнохозяйственными проблемами. Значительная часть профессоров и преподавателей выполняют исследования по хозяйственным договорам с промышленностью. Практически все штатные преподаватели работают по госбюджетной и кафедральной тематике.

Однако размах исследований, их глубина, теоретическая и практическая значимость и эффективность не в полной мере отвечают требованиям времени и возможностям вузов. Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР нацеливают научные силы вузов на программно-целевое планирование решения актуальных народнохозяйственных проблем, ускоренное внедрение в производство результатов научных открытий, изобретений, разработок, резкое повышение отдачи средств, затрачиваемых на науку.

В Министерстве высшего и среднего специального образования РСФСР в порядке эксперимента создается хозрасчетное научное объединение. Министерством и ведомствам СССР и Советам Министров союзных республик рекомендовано всемерно укреплять связи отраслевых научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций и предприятий с вузами. На прошедшей в начале 1978 г. конференции Минлеспрома СССР и Минвуза СССР намечены конкретные мероприятия по укреплению таких связей. Предстоит большая работа по развитию материальной научно-лабораторной базы вузов, открытию новых проблемных и отраслевых лабораторий.

Однако, не дожидаясь осуществления этих мероприятий, научные коллективы лесотехнических вузов должны приложить энергичные усилия по повышению эффективности научной работы. Необходимо решительно изживать мелкотемье и распыленность научных сил, смелее браться за крупные темы, связанные с насущными потребностями производства. Весьма плодотворна совместная работа ряда кафедр, а порой и факультетов над большими комплексными народнохозяйственными проблемами. Тем же задачам должна быть подчинена и научная работа студентов.

Не ослабляя внимания к теоретическим исследованиям, активнее должны откликаться на запросы производства кафедры общественных наук. Хоздоговорные исследования, например по социологической тематике, принесут большую пользу и производству, и самим кафедрам.

С большой ответственностью следует отнестись к разработке перспективных планов научных исследований кафедр, факультетов, вузов. Эти планы должны быть тщательно скоординированы, чтобы избежать параллелизма и повторений и лучше использовать уже имеющиеся результаты. Актуальность тематики и эффективность будущих исследований во многом зависят от того, насколько четко сформулируют свои запросы министерства, ведомства и предприятия-заказчики. Организация научных исследований должна вестись, как правило, на долгосрочной основе, а сами исследования — в рамках договоров о творческом содружестве.

Серьезное внимание необходимо уделить патентно-лицензионной работе, службам научно-технической информации, метрологии и стандартизации. Экономические кафедры должны обеспечить квалифицированные консультации по экономическому обоснованию тематики и определению эффективности выполненных работ; с этой целью необходимо постоянно повышать экономическую грамотность всех участников исследований.

Полное использование научного потенциала высшей школы — большое государственное дело. Коллективы лесотехнических вузов полны решимости внести весомый вклад в решение задач коммунистического строительства.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.56

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИРОСТА ЗАПАСА НАЛИЧНОГО ДРЕВОСТОЯ ПО ПЛОЩАДИ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТВОЛОВ

И. И. ГУСЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Предлагается определять площадь боковой поверхности древостоя по данным перечета и эмпирической зависимости площади боковой поверхности ствола от диаметра и высоты дерева. Площадь боковой поверхности древостоя используется для определения прироста запаса древостоя.

Текущий прирост запаса наличного древостоя можно определить по площади боковой поверхности стволов. Такое предложение сделано Н. П. Анучиным [1, 3], который доказал, что площадь боковой поверхности стволов нормального древостоя в пределах класса бонитета с некоторого возраста (40—50 лет) — величина постоянная.

Мы предлагаем несколько иное решение данного вопроса. Площадь боковой поверхности стволов древостоя рекомендуем определять по данным перечета:

$$\Sigma S = S_1 n_1 + S_2 n_2 + S_3 n_3 + \dots + S_k n_k, \quad (1)$$

где  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_k$  — площадь боковой поверхности ствола по ступеням толщины;

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$  — количество стволов в ступенях толщины.

Текущий прирост запаса наличного древостоя находим по формуле

$$Z_M = \Sigma S t R, \quad (2)$$

где  $R$  — редуционный коэффициент;

$t$  — средняя ширина годичного слоя стволов на высоте 1,3 м.

Редуционный коэффициент позволяет перейти от ширины годичного слоя на высоте груди к средней величине годичного слоя дерева [5].

В таежных ельниках площадь боковой поверхности ствола тесно связана с произведением таксационного диаметра на высоту ствола ( $r = 0,96$ ). Вычислены следующие эмпирические уравнения: для одно-возрастных и условно разновозрастных ельников

$$S = 0,633 + 1,757 d_{1,3} h; \quad m_s = \pm 0,83; \quad (3)$$

для разновозрастных ельников

$$S = 0,078 + 1,745 d_{1,3} h; \quad m_s = \pm 0,87, \quad (4)$$

где  $S$  — площадь боковой поверхности ствола без коры, м<sup>2</sup>;

$d_{1,3}$  — диаметр ствола в коре на высоте 1,3 м от шейки корня, м;

$h$  — высота ствола, м.

Для применения уравнений (3) и (4), кроме перечета деревьев по диаметру, необходимо иметь высоты по ступеням толщины. Зако-

номерность (3), (4) установлена на основе изучения площади боковой поверхности 994 стволов ели. При этом площадь боковой поверхности каждого ствола определена по секционной формуле [3, с. 399].

На 16 пробных площадях по формуле (2) мы определили  $Z_M$  и сравнили его с истинным значением. При этом средняя ширина годичного слоя получена по обмерам радиального прироста у всех деревьев на пробе. Систематическая ошибка равна +2,7%, средняя квадратическая  $\pm 4,2\%$ . Если же для установления средней ширины годичного слоя в древостое брать 30—40 деревьев, то средняя квадратическая ошибка увеличится до  $\pm 10—12\%$ . Строго говоря,  $\Sigma S$  следует брать среднюю между значением в данный момент  $\Sigma S_A$  и  $n$  лет назад  $\Sigma S_{A-n}$ . Если этого не делать, будет получаться систематическая ошибка +2—3%. Чтобы не усложнять работу по определению  $\Sigma S_{A-n}$ , в величину прироста запаса наличного древостоя необходимо внести коррективы на систематическую ошибку +3%.

По эмпирическому уравнению (3) и таблицам хода роста [6] вычислили площадь боковой поверхности стволов полных одновозрастных древостоев (табл. 1). Площадь боковой поверхности стволов таежных ельников в возрасте 60—160 лет для данного класса бонитета находится практически на одном уровне. В период интенсивного распада древостоя боковая поверхность стволов уменьшается.

Таблица 1

Возраст древостоя, лет	Площадь боковой поверхности стволов, тыс. м <sup>2</sup> /га, по классам бонитета		
	III	IV	V
40	5,8	6,0	5,6
50	6,7	6,4	5,9
60	7,5	7,0	6,1
70	8,1	7,4	6,5
80	8,7	7,5	6,5
90	8,8	7,6	6,6
100	8,7	7,7	6,7
120	8,8	7,9	7,1
140	8,9	8,0	7,3
160	8,4	7,6	6,9
180	7,5	6,7	5,9
200	6,5	5,7	4,8
Среднее для 60—160 лет	8,5	7,6	6,7

По таблицам хода роста еловых древостоев А. Р. Варгаса де Бедемара [4] Н. П. Анучин [2] получил следующие значения площади боковой поверхности стволов древостоя: III класс бонитета — 7,2; IV — 6,0; V — 4,9 тыс. м<sup>2</sup>/га. В таежных ельниках площадь боковой поверхности стволов в III классе бонитета больше на 15, в IV — на 21 и в V — на 27%, чем по данным таблиц хода роста А. Р. Варгаса де Бедемара.

Для полных одновозрастных еловых древостоев Европейского Севера в возрасте от 40 до 160 лет мы установили зависимость площади боковой поверхности стволов от средней высоты. Эта связь очень высокая ( $r = 0,905 \pm 0,025$ ;  $\eta = 0,916 \pm 0,021$ ) и выражается линейным уравнением

$$\Sigma S = 4,55 + 0,179H; \quad m_{\Sigma S} = \pm 0,38, \quad (5)$$

где  $\Sigma S$  — площадь боковой поверхности стволов древостоя без коры, тыс. м<sup>2</sup>/га;

$H$  — средняя высота древостоя, м;

$m_{\Sigma S}$  — основная ошибка уравнения.

Уравнение (5) облегчает определение  $\Sigma S$  и текущего прироста запаса наличного древостоя по формуле

$$Z_M = \Sigma S t R \Pi, \quad (6)$$

где  $\Pi$  — относительная полнота древостоя.

Для практических целей составлена табл. 2, в которой приведены площадь боковой поверхности стволов полных таежных ельников и редуccionные коэффициенты радиального прироста.

Таблица 2

Средняя высота, м	Площадь боковой поверхности стволов древостоя, тыс. м <sup>2</sup> /га	$R = i_{cp} : i_{1,3}$	Средняя высота, м	Площадь боковой поверхности стволов древостоя, тыс. м <sup>2</sup> /га	$R = i_{cp} : i_{1,3}$
8	5,98	1,12	18	7,77	1,27
10	6,34	1,17	20	8,13	1,25
12	6,71	1,22	22	8,49	1,17
14	7,05	1,26	24	8,85	1,02
16	7,41	1,27			

Точность предлагаемого метода зависит от правильности определения средней высоты, относительной полноты, среднего радиального прироста и редуccionного коэффициента. Вероятная ошибка в определении прироста запаса одного древостоя составляет  $\pm 18-20\%$ . При таксации большого количества древостоев ошибка будет уменьшаться в  $\sqrt{n}$  раз, где  $n$  — количество таксируемых древостоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Новый метод определения текущего прироста насаждений. — «Лесное хозяйство», 1959, № 11, с. 5—10. [2]. Анучин Н. П. Площадь боковой поверхности стволов насаждений. Формы ведомостей к проекту организации и развития лесного хозяйства. Приложение ко II части Инструкции по устройству Государственного лесного фонда СССР. Камеральные работы. М., 1964, с. 26. [3]. Анучин Н. П. Лесная таксация. М., «Лесная промышленность», 1977. 512 с. [4]. Варгас де Бедемар А. Р. Исследование запаса и прироста лесонасаждений С.-Петербургской губернии. — «Лесной журнал», 1848. [5]. Гусев И. И. Формирование текущего прироста древесины северной ели. — В сб.: Текущий прирост древостоев. Материалы научной конференции. Минск, «Урожай», 1975, с. 85—88. [6]. Левин В. И., Гусев И. И. Ход роста одновозрастных ельников III, IV, V классов бонитета Архангельской области. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 6, с. 24—29.

Поступила 22 февраля 1978 г.

УДК 634.0.165.6 : 634.0.232.31

## К ВОПРОСУ ОБ ОТБОРЕ УРОЖАЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

М. В. РОГОЗИН

Пермский государственный университет

Анализ четырех урожаев 22 деревьев сосны, плодоносивших ежегодно, позволил сделать вывод о том, что селекция сосны на урожайность может быть эффективна только по прямому признаку — выходу семян.

Вопрос о стабильном обеспечении лесного хозяйства семенами нельзя считать полностью решенным в настоящее время. Увеличение плодоношения сосны достигнуто на постоянных лесосеменных участках, и одним из актуальных направлений в исследованиях является отбор высокоурожайных деревьев. Относительный выход семян у одного и того же дерева хотя и колеблется по годам, но остается или высоким, или низким, различие достигает 10 раз [1]. Если выход семян оценивать по среднему содержанию (числу) семян в шишке, то различия между деревьями достигают 20—25 раз [2].

Наши исследования проведены в Туганском лесхозе Томской области, в 30-летнем сосновом насаждении с полнотой 0,4—0,5, тип леса сосняк разнотравный, II класс бонитета, где было выбрано 27 деревьев. С них ежегодно с 1974 г. по 1977 г. собирали урожай шишек. Отбирали и нумеровали деревья с хорошим и обильным плодоношением, не имеющие пороков и растущие достаточно свободно. С дерева собирали 100—150 шишек и подсчитывали оставшиеся. В последующие годы у некоторых деревьев урожай бывал слабый, тогда шишки собирали полностью. Шишки взвешивали, высушивали, извлекали семена. Подсчитывали общее число семян, и после выдерживания в течение месяца при  $t = 20^{\circ}\text{C}$  определяли общую массу и массу 1000 шт. Определяли также среднее число семян в шишке (урожайность дерева), процент пустых семян и выход семян в процентах к массе шишек в последние два года. В 1974 г. измерены высота дерева, диаметр, возраст по мутовкам и годичные приросты по высоте за последние 15 лет. Некоторые из этих показателей в порядке убывания урожайности помещены в табл. 1. Пять деревьев в 1975 г. не имели шишек и в таблице не помещены. По числу семян в шишке это средние деревья.

Данные табл. 1 показывают, что между высотой, текущим приростом, возрастом дерева и его урожайностью нет четкой зависимости. Это подтверждается и другими исследованиями [1, 2, 4]. Поэтому можно говорить о самостоятельной, относительно независимой изменчивости данного признака в условиях достаточно свободного стояния деревьев.

Была рассчитана временная повторяемость показателей [3]. Она оказалась очень высокой для массы семян ( $r = 0,95 \pm 0,02$ ), несколько ниже для урожайности ( $r = 0,77 \pm 0,09$ ) и массы шишек в последние два года ( $r = 0,70 \pm 0,11$ ). Рассчитывали также повторяемость рангов, ее значения оказались близкими: 0,94; 0,69; 0,72. Повторяемость числа шишек на дереве осталась недоказанной при  $r = 0,22 \pm 0,20$ , процент пустых семян повторяется слабо:  $r = 0,51 \pm 0,16$  и  $r_p = 0,38 \pm 0,18$ .

Высокая временная повторяемость массы семян говорит о ее генетической обусловленности [5]. Однако в пределах дерева масса семян уменьшается в годы с наибольшим содержанием семян в шишках (табл. 1). Только четыре дерева (№ 1, 9, 15 и 16) не подчинились

Таблица 1

№ п/п.	Номер дерева на про-се	Воз-раст, лет	Высота, м	Z Н см	Среднее число семян в шишке, шт., по годам				Масса 1000 семян, г, по годам				Среднее число шишек, шт.	Средняя масса шишек, г	Средний процент пустых семян	
					1974	1975	1976	1977	среднее	1974	1975	1976				1977
1	16	26	11,0	48,3	23,3	21,0	26,3	28,3	24,7	4,1	4,6	4,2	4,6	4,4	6,3	11
2	11	27	10,8	53,7	24,2	13,4	32,7	19,7	22,5	5,2	5,1	4,5	5,5	5,1	6,5	7
3	18	31	13,3	55,1	24,3	11,7	23,2	25,6	21,2	3,6	4,4	3,4	3,9	3,8	6,2	15
4	17	30	12,0	54,1	21,2	16,4	20,7	23,0	20,3	3,7	4,6	4,2	4,3	4,2	6,4	13
5	14	30	13,1	48,9	18,2	16,0	14,5	14,4	15,8	4,7	5,1	4,9	5,1	4,9	6,4	13
6	12	31	14,6	50,9	20,0	11,2	11,4	16,7	14,8	4,3	4,7	4,2	4,5	4,4	5,9	14
7	25	33	16,7	51,1	22,5	6,7	11,1	19,0	14,8	5,7	7,0	6,4	6,7	6,4	6,7	22
8	4	29	13,1	50,3	15,8	7,1	16,8	19,0	14,8	5,8	6,5	5,2	6,0	5,9	6,7	15
9	21	31	12,8	49,6	11,3	7,7	12,8	13,7	11,4	7,1	8,5	8,4	8,9	8,2	9,5	22
10	2	30	10,6	42,6	12,2	10,0	13,8	6,7	10,7	6,7	7,4	7,1	7,8	7,2	6,1	14
11	19	26	10,6	50,1	10,4	6,5	12,8	11,9	10,4	6,7	7,3	6,3	7,1	6,8	6,4	11
12	13	31	13,2	49,9	13,1	9,0	13,3	5,9	10,3	5,5	5,6	5,2	5,8	5,5	5,5	22
13	24	32	15,8	51,8	11,1	3,4	14,6	11,0	10,0	6,5	7,1	6,1	7,0	6,7	6,5	15
14	26	33	16,3	60,1	14,6	2,0	9,7	11,2	9,4	6,8	9,7	6,9	7,1	7,6	8,0	47
15	27	35	15,9	46,8	11,3	6,2	8,5	10,1	9,0	4,6	4,8	4,4	5,7	4,9	6,2	22
16	3	27	12,6	52,8	12,2	5,0	7,8	11,2	9,0	6,4	6,9	6,3	7,2	6,7	6,0	16
17	10	30	14,6	50,4	11,1	7,3	10,3	6,4	8,8	6,1	7,0	5,8	6,7	6,4	5,6	17
18	5	30	13,5	51,5	9,1	8,7	8,0	6,6	8,7	8,6	9,0	7,8	8,9	8,6	6,8	18
19	8	31	15,8	53,3	12,0	7,0	6,1	8,9	8,5	6,0	6,2	5,8	6,0	6,0	5,4	16
20	15	29	14,8	55,2	10,9	5,0	8,8	7,1	8,0	8,8	9,7	8,4	9,4	9,1	7,3	19
21	9	27	12,0	52,8	6,7	4,0	7,7	5,9	6,1	6,5	6,5	6,0	6,8	6,5	6,0	24
22	1	30	11,4	45,2	4,3	2,1	7,1	2,0	3,9	6,6	7,3	5,4	7,0	6,6	5,5	63
Среднее		30,1	13,4	50,9	14,5	8,5	13,5	12,7	12,3	5,9	6,6	5,8	6,4	6,2	6,45	19,8

этой закономерности, а у 14 деревьев в год наивысшего содержания семян в шишках масса семян была наименьшей. Закономерность сказывается на урожайных деревьях: масса семян у них значительно ниже средней (3,8—5,1 г). Средний коэффициент корреляции числа семян в шишке и массы семян отрицательный ( $r = -0,66 \pm 0,16$ ). У деревьев с тяжелыми семенами их содержание было средним и низким. Кроме того, они и менее обильно плодоносили: связь массы семян с числом шишек на дереве обратная ( $r = -0,56 \pm 0,18$ ).

Особенный интерес для селекции сосны на урожайность представляет устойчивость рангов урожайности среди отдельных деревьев (табл. 2). В последней графе представлены величины, характеризующие временную повторяемость рангов каждого дерева. Наиболее устойчиво сохраняют свои ранги три неурожайных дерева (№ 22, 20, 21), а также дающие наибольшее число семян в шишках (№ 1, 2, 3, 4); сумма разностей рангов между всеми четырьмя годами у них значительно меньше средней разности. Таким образом, при общей средней (как по годам, так и для всех деревьев) повторяемости рангов  $r_p = 0,69 \pm 0,11$ , низко- и высокоурожайные деревья обладают более высокой временной повторяемостью числа семян в шишке.

Таблица 2

№ п/п.	Среднее за 4 года число семян в шишках, шт.	Ранги урожайности по годам				Сумма разностей рангов между годами
		1974	1975	1976	1977	
1	24,7	3	1	2	1	7
2	22,5	2	4	1	4	11
3	21,2	1	5	3	2	13
4	20,3	5	2	4	3	10
5	15,8	7	3	7	7	12
6	14,8	6	6	12	6	18
7	14,8	4	14	13	5	38
8	13,2	8	12	5	9	22
9	11,4	14,5	10	10,5	8	20
10	10,7	11,5	7	8	17	33,5
11	10,4	19	15	10,5	10	31,5
12	10,3	10	8	9	20,5	38,5
13	10,0	16,5	20	6	13	45,5
14	9,4	9	22	15	11,5	42,5
15	9,0	14,5	16	17	14	10,5
16	9,0	11,5	17,5	19	11,5	28,5
17	8,8	16,5	11	14	19	26,5
18	8,7	20	9	18	18	33
19	8,5	13	13	22	15	29
20	8,0	18	17,5	16	16	6,5
21	6,1	21	19	20	20,5	6,5
22	3,9	22	21	21	22	4
Среднее	12,3					22,1

Указанная величина характеризует повторяемость признака в целом для всей выборки, а в ее пределах варьирует. Ее значение для низко- и высокоурожайных деревьев составляет  $r_p = 0,99 \div 0,93$ , у деревьев № 8 и 9 оно примерно среднее, а дерево № 13 повторяет свои ранги с  $r_p = 0,11$ .

Достоверна связь селективируемого признака не только с массой семян, но и с процентом пустых семян ( $r = -0,53$  и  $r_p = -0,69$ ). Видимо, образование пустых семян каким-то образом определяется общей способностью дерева к образованию семян, и не случайно уро-

жайные деревья давали меньше пустых семян (табл. 1) по сравнению с остальными.

Определение среднего числа семян в шишке у каждого дерева — работа трудоемкая и утомительная, поэтому отбор можно проводить по более простому показателю — выходу семян в процентах к массе шишек, имеющей связь с интересующим нас признаком  $r = 0,88 \pm 0,11$ .

### Выводы

1. Селекция сосны обыкновенной на урожайность эффективна по прямому признаку — числу семян в шишках, а также по выходу семян в процентах к массе шишек.

2. Повышенное содержание семян в шишках в отдельные годы в пределах дерева снижает массу семян. Высокоурожайные деревья дают мелкие семена.

3. Не отмечено каких-либо внешних признаков, указывающих на высокую урожайность дерева.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богданов Б. П. Выход семян у разных деревьев сосны обыкновенной и значение его при отборе деревьев для создания семенных участков. — Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству. Вып. 11. Л., ЛенНИИЛХ, 1967. [2]. Некрасова Т. П. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1960. [3]. Плохинский Н. А. Движение групповой генетической информации. В сб.: Математические методы в биологии. М., Изд-во МГУ, 1972. [4]. Поджарова З. С. Изменчивость шишек и качества семян у сосны обыкновенной. — В сб.: Ботаника. Исследования. Минск, 1968. [5]. Сахаров В. И. Принципы семеноводства сосны обыкновенной в лесах Кокчетау-Мунчакского мелкосопочника. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Алма-Ата, 1969.

Поступила 14 июня 1978 г.

УДК 634.0.5

## ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ЧИСТОГО СОСНОВОГО ДРЕВОСТОЯ

В. Е. ЕРМАКОВ, В. Д. СЕВАСТЬЯНОВ

Белорусский технологический институт

Приводятся уравнения, характеризующие функциональные зависимости между основными таксационными параметрами чистого древостоя. Рассматриваются вопросы использования этих уравнений для прогноза хода роста чистых сосновых древостоев.

При обычных способах составления таблиц хода роста (ТХР) древостоя методом эмпирических кривых или с помощью методов математической статистики исследователь ищет эту общую закономерность роста, абстрагируясь от флуктуаций таксационного признака. Таким образом, ТХР отражают ростовые процессы некоторого абстрактного элемента леса, не подверженного флуктуациям. Такой абстрактный элемент леса назван нами чистым фитоценозом, или элементарной популяцией.

Под элементарной популяцией (ЭП) подразумевается сложная динамическая саморегулирующаяся система, взаимодействующая с окружающей средой, образованная множеством взаимосвязанных и взаимодействующих индивидуумов, развивающаяся в подчинении общим за-

кономерностям роста элементов леса определенного древесного вида. Иными словами, ЭП и индивидуум представляют собой объекты, описываемые обычной таблицей хода роста чистого древостоя. ЭП и индивидуум суть системы детерминированные, в то время как элемент леса есть система вероятностная. Однако поведение этих систем, равно как и их моделей, должно быть непротиворечивым в смысле причинности.

В настоящее время основная масса лесов подвергается интенсивному антропогенному влиянию, выражающемуся прямо или косвенно. В такой обстановке, при непрерывно и сложно меняющихся воздействиях внешней среды, лес по своим параметрам существенно отличается от девственных древостоев. Это обстоятельство, безусловно, отразилось на ТХР, составленных в последние десятилетия. Рассмотрение имеющихся ТХР показывает, что они особенно существенно разнятся динамикой запасов. На характер ТХР существенное влияние оказало также отсутствие единого, математически строгого определения относительной полноты, ее критического и оптимального значений.

Так как в условиях интенсивного антропогенного воздействия на лес сбор массового материала по эталонным древостоям весьма затруднителен, предлагается математическая модель, облегчающая решение данного вопроса.

Не имея возможности в краткой статье изложить вывод всех уравнений, мы приводим конечные формулы, которые составляют основу алгоритма:

$$d = D \operatorname{th} \left( \frac{t}{2T} \right);$$

$$\frac{d}{D} = \frac{h}{H};$$

$$h = H \operatorname{th} \left( \frac{t}{2T} \right);$$

$$V = v \operatorname{th}^3 \left( \frac{t}{2T} \right);$$

$$f_s = \left( r \frac{h + \Delta h}{h + \Delta h - x} \right)^2;$$

$$J_N = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 = \operatorname{const};$$

$$MN^P = mn^P;$$

$$P = 0,5 (P + 1);$$

$$\tau = \frac{H}{2T},$$

где  $d$  — текущий диаметр ствола индивидуума на относительной высоте;

$D$  — максимально возможный в данных условиях внешней среды (УВС) диаметр ствола индивидуума на данной относительной высоте;

$t$  — возраст индивидуума;

$T$  — возраст, в котором текущий прирост по запасу данного древостоя равен максимуму при относительной полноте 1,0;

$h$  — текущая высота ствола индивидуума;

- $H$  — высота индивидуума, максимально возможная в данных УВС;  
 $V$  — текущий объем ствола индивидуума;  
 $v$  — объем ствола индивидуума, максимально возможный в данных УВС;  
 $f_s$  — старое видовое число, традиционно определяемое через отношение объема ствола к объему цилиндра той же высоты, основанием которого является площадь сечения ствола на высоте 1,3 м;  
 $r$  — константа;  
 $\Delta h$  — размер прироста высоты за текущий год;  
 $x$  — высота, равная 1,3 м;  
 $f_N$  — нормальное видовое число;  
 $D_1$  и  $D_2$  — максимально возможные в данных УВС диаметры ствола индивидуума на определенных относительных высотах;  
 $D_1 < D_2$ ;  
 $M$  — текущий запас чистого одновозрастного древостоя;  
 $N$  — текущее число стволов данного древостоя;  
 $P$  — системная полнота данного древостоя;  
 $m$  — запас данного древостоя, максимально возможный в данных УВС;  
 $n$  — число стволов в данном древостое в момент, когда он имеет максимально возможный запас;  
 $\Pi$  — относительная полнота древостоя, традиционно определяемая через отношение запаса или суммы площадей сечений древостоя к запасу или сумме площадей сечений, соответственно, при относительной полноте 1,0;  
 $\tau$  — коэффициент, характеризующий условия местопроизрастания данного древостоя.

Приведенные зависимости легли в основу алгоритма программы на языке ФОРТРАН-IV. Все необходимые исходные данные можно получить при закладке пробной площади в реальном древостое — одновозрастном, чистом по составу, в возрасте не ниже количественной спелости. Для этого необходимо на пробной площади произвести пересчет стволов, определить «среднее дерево» данного древостоя и произвести анализ его ствола, чтобы определить его высоту в любом предыдущем возрасте.

Все приведенные уравнения являются следствием применения биофизического подхода к изучению жизни древостоев, плодотворность которого убедительно показал в своих работах советский ученый Г. Ф. Хильми, заложивший основы теоретической биогеофизики леса.

Биофизическое исследование насаждений позволит широко применять операции над формальными структурами, соответствующими определенным реальным древостоям. В настоящее время вряд ли можно утверждать, что эти операции осуществимы на формальных структурах, имеющихся в лесоустройстве и лесной таксации, которые среди наук о лесе являются весьма развитыми в смысле формализации накопленных знаний. Даже операции приведения древостоя к «нормальному» виду, т. е. определение значения относительной полноты древостоя, до сих пор вызывает разногласия в некоторых случаях. В то же время с применением биогеофизических методов значительно расширяются возможности лесоустройства как научной дисциплины. Приведем частный пример (табл. 1): используя определенные закономерности, можно рассчитать основные параметры древостоя в черничном

Таблица 1

Сопоставление хода роста сосняка черничного (по В. Е. Ермакову)  
с расчетными данными предлагаемой модели

Возраст, лет	Высота, м		Отклонение, %	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га		Отклонение, %	Запас, м <sup>3</sup> /га		Отклонение, %
	табличная	расчетная		табличная	расчетная		табличный	расчетный	
10	4,8	4,74	-1,2	13,7	14,01	+2,3	44	48,03	+9,2
20	9,2	9,15	-0,6	23,1	23,16	+0,2	115	115,51	+0,4
30	13,0	13,00	0,0	29,0	28,40	-2,1	190	184,36	-3,0
40	16,2	16,16	-0,2	32,0	31,78	-0,7	251	246,41	-1,8
50	18,5	18,63	+0,7	34,0	34,06	+0,2	298	298,96	0,0
60	20,5	20,50	0,0	35,5	35,62	+0,3	338	338,39	+0,1
70	21,7	21,87	+0,8	36,3	36,69	+1,1	368	368,80	+0,2
80	22,4	22,85	+2,0	36,9	37,43	+1,4	390	391,02	+0,3

Примечание. Исходные данные: в возрасте 60 лет высота — 20,5 м, диаметр — 21,0 см, число стволов на 1 га — 1029; в возрасте 30 лет высота — 13,0 м.

типе леса в необходимом возрасте путем эквивалентных преобразований известных параметров древостоя кисличного типа леса. Такая возможность освобождает ученых от необходимости экспериментально изучать каждый новый объект. Вместо этого на основе вывода, следующего из теоретических построений, планируется эксперимент, подтверждающий и дополняющий в необходимом плане данные о процессе роста и развития исследуемого древостоя.

Поступила 7 апреля 1978 г.

УДК 634.0.114

## СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ВОДАХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Установлено, что почвенные воды периферийных зон верхового болота богаче азотом и зольными элементами вод центра болота. Почвенно-грунтовые воды мелкозалежных участков, подстилаемых суглинком, в 1,4 раза богаче вод таких же участков, подстилаемых песками.

Растения потребляют питательные вещества из почвы в виде ионов. Образующиеся в почве питательные соли растворяются в почвенном растворе и распадаются на ионы, которые и поглощаются корнями растений. Однако научных работ по содержанию элементов минерального питания в водах болот очень мало и, в основном, они посвящены их выносу дренажными и почвенно-грунтовыми водами [6, 7].

Получение данных о запасе питательных веществ, растворенных в почвенной воде различных зон олиготрофного болота, необходимо для выявления и изучения наиболее перспективных для лесохозяйственного освоения частей в пределах верхового болота.

Основная задача исследований заключалась в определении содержания азота и зольных элементов в почвенно-грунтовых водах различных зон болота (по сравнению с окружающими суходолами).

Исследования проводили на верховом болоте «Жаровское», расположенном на территории Лисинского лесхоза-техникума Ленинградской области. Общая площадь

Таблица 1

Номер пункта отбора	Тип лесорастительных условий	Глубина торфа, м	Подстилающий грунт	Ботанический состав и вид торфа	Степень разложения, %	Зольность, %	pH (общая кислотность)	Влажность, %	Средний вегетационный УГВ, см
1	Папоротниково-осоковый неосушенный сухой дол	—	—	—	—	—	—	—	48,8
2	Осоково-сфагновый неосушенный	0,40	Песок	Травяно-сфагновый переходный	4—35	4,9—30,9 Минеральная примесь	3,3—4,4	90,3—93,2	10,9
4	Сфагновый неосушенный	>2,00	"	<i>Sphagnum angustifolium</i> (Kuss.) C. Jeps. и <i>Sph. magellanicum</i> Brid., торф верховой	8—12	2,2—3,5	3,4—3,6	94,3—96,5	10,3
5	Папоротниковый на осушенном суходоле	—	"	—	—	—	—	—	68,8
6	Папоротниково-осоковый осушенный	0,40	"	Древесно-осоковый переходный и низинный	40—42	11,2—23,0 Минеральная примесь	3,3—3,6	84,3—88,8	45,8
7	Кустарничково-сфагновый староосушенный	1,0	"	Сосново-пушицевый верховой	26—40	1,6—4,5	2,6—3,2	87,9—88,7	39,0
8	Кустарничково-сфагновый осушенный	>2,0	"	<i>Sph. fuscum</i> (Schimp.) Kling., торф верховой	6—29	2,1—6,4	3,0—3,2	93,4—96,3	19,8
10	Пушицево-сфагновый осушенный	>2,0	Средний суглинок	<i>Sph. magellanicum</i> Brid., торф верховой	6—37	2,0—3,7	3,2—3,7	95,2—95,5	27,5
12	Тростниково-сфагновый неосушенный	0,40	"	Травяно-сфагновый переходный	17—32	6,2—46,7 Минеральная примесь	3,4—3,6	92,4—94,2	17,1

Примечание. УГВ — уровень грунтовых вод.

болотного массива около 850 га. В 1912—1914 гг. по границам болота была проложена осушительная сеть, а в 1969 г. на площади 300 га проведено осушение сетью открытых каналов.

Исследования проводили как на осушенной, так и на неосушенной частях. Восточная часть болота подстилается моренными среднезернистыми песками, западная — средними суглинками. Пробы почвенно-грунтовых вод отбирали в девяти постоянных точках на трех участках по зонам — суходол, периферийная зона и центральная часть болота. Первый участок расположен на неосушенной части болота, подстилающий грунт — песок, пробы № 1, 2, 4; второй — на осушенной части, подстилаемой песками, пробы № 5, 6, 7, 8; третий — на неосушенной части, подстилаемой средними суглинками, пробы № 10, 12.

Пробы воды отбирали в стеклянные или резиновые емкости объемом 750—1000 мл через каждые 15 дн., начиная с 20 мая. В течение вегетационного периода (май—сентябрь) 1977 г. взято 9 отборов воды, один анализ проведен после окончания вегетационного периода — в октябре. Из-за значительного понижения почвенно-грунтовых вод на суходолах и осушенных периферийных зонах, подстилаемых песками, в отдельные периоды было невозможно взять пробы на анализ. Всего проанализировано 79 проб почвенно-грунтовых вод по общепринятой методике [4] в лаборатории торфяной экспедиции.

Для характеристики лесорастительных условий определяли динамику глубины залегания почвенно-грунтовых вод, кислотность, зольность, влажность, степень разложения и ботанический состав торфа по горизонтам. Зольность торфов окрайковой зоны (пункты отбора № 2, 6, 12) повышенная, что объясняется примесью песчинок, илстых и глинистых частиц, приносимых с суходолов. Краткая характеристика объектов приведена в табл. 1.

Известно [5], что сосновый древостой из всех элементов питания в наибольшем количестве берет азот и кальций, затем калий, серу и др. Поэтому представляет интерес определение наличия этих элементов в почвенной воде различных участков верхового болота и окружающих суходолов. В табл. 2 даны средние значения содержания азота и зольных элементов за вегетационный период. Пункты отбора проб объединены по зонам — суходол, периферийные зоны и центр болота.

Содержание большинства минеральных элементов —  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  — уменьшается по направлению от суходола к центру верхового болота. Окисное железо  $\text{Fe}^{3+}$  в центре болотного массива и на его краю, сложенном торфами из сфагновых мхов, вообще не обнаружено. Закисное железо  $\text{Fe}^{2+}$  имелось во всех пробах воды, но максимум его (0,353 мг·экв.) наблюдался в водах неосушенных краев болота.

Азот в болотных водах находится, в основном, в форме органических веществ. Лишь незначительная его часть представлена в форме ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$  [1].

Преобладание аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) в центре верхового болота объясняется тем, что он образуется в результате химических и биологических процессов в анаэробных условиях [3].

Известно [2], что песчаные почвы и соответственно их почвенные воды беднее питательными веществами, чем другие минеральные почвы. Однако даже эти воды значительно богаче вод болот олиготрофного питания. Если общую сумму ионов, растворенных в почвенных водах суходола, принять за единицу, то на периферийных частях болота она будет равна 0,72, а в центре верхового болота — 0,56. Это указывает на уменьшение питательных веществ в почвенной воде по направлению суходол — центр верхового болота.

И. Р. Спалвинь [6] отмечал существенные различия в содержании питательных веществ в почвенно-грунтовых водах разных типов лесорастительных условий. Эти данные подтверждаются и нашими исследованиями. Кроме того, на количество питательных элементов в водах периферийных зон, при неглубокой залежи торфа, существенное

Таблица 2

Зона	Номер пункта отбора	Содержание минеральных элементов, мг · экв.											
		Катионы						Анионы					
		Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Сумма	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сумма
Суходол	1, 5	0,531	0,105	0,778	0,617	0,097	0,129	2,257	0,364	0,414	0,023	1,456	2,257
Периферийная	2, 6	0,450	0,078	0,617	0,300	0,147	0,028	1,620	0,409	0,289	0,055	0,867	1,620
Цент болота	4, 8	0,431	0,150	0,472	0,189	0,016	—	1,258	0,377	0,084	0,076	0,721	1,258

Таблица 3

Номер пункта отбора	Подстилающий грунт	Содержание минеральных элементов, мг · экв.											
		Катионы						Анионы					
		Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Сумма	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сумма
2	Песок	0,209	0,082	0,588	0,375	0,143	0,025	1,422	0,400	0,115	0,045	0,862	1,422
12	Средний суглинок	0,289	0,100	0,775	0,525	0,245	0,132	2,066	0,481	0,127	0,044	1,414	2,066

влияние оказывают и подстилающие грунты. Сопоставляя (табл. 3) среднее вегетационное количество химических элементов в почвенной воде периферийных зон с различными подстилающими грунтами при глубине торфа около 40 см и с одинаковым травяно-сфагновым переходным торфом, находим различия в их содержании.

Из таблицы видно, что воды мелкозалежных участков болота, подстилаемых песком, в среднем в 1,45 раза беднее вод участков, подстилаемых суглинком. Все элементы (кроме нитратов) преобладают в почвенных водах периферийного участка, подстилаемого суглинком. Особенно отчетливы различия в содержании окисного железа  $Fe^{3+}$ .

Разное количество элементов минерального питания этих участков может частично объясняться и более глубоким залеганием уровня грунтовых вод на мелкозалежном краю болота, подстилаемом суглинком (табл. 1), что ведет к дополнительному обогащению вод за счет миграции элементов из подстилающей породы.

И. Р. Спалвинь [6] предполагает, что увеличение содержания минеральных веществ в более глубоких слоях почвенно-грунтовых вод объясняется увеличением рН. В наших исследованиях увеличение рН с понижением уровня грунтовых вод ясно выражено, однако зависимости между содержанием элементов минерального питания и рН не обнаружено.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Калюжный И. Л., Левандовская Л. Я. Гидрохимический режим поверхностных вод Тарманского болотного массива. — «Труды ГГИ», 1977, вып. 236, с. 85—96. [2]. Каурничев И. С. Почвоведение. М., 1975. [3]. Климентьев П. М. Общая гидрогеология. М., 1971. [4]. Резников А. А., Муликовский Е. Н., Соколов Н. Ю. Методы анализа природных вод. М., 1963. [5]. Ремезов Н. П., Быкова Л. Н., Смирнова К. М. Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. М., 1959. [6]. Спалвинь И. Р. Динамика содержания основных элементов минерального питания в почвенно-грунтовых и дренажных водах. — В сб.: Гидролесомелиоративные исследования. Рига, 1970, с. 305—315. [7]. Сухорукова Л. И. Миграция химических элементов в лесных почвах в связи с их осушением. — В сб.: Осушение и восстановление леса на заболоченных землях Северо-Запада. Л., 1973, с. 87—94.

Поступила 27 июня 1978 г.

УДК 634.0.266

### МЕЛИОРАТИВНАЯ РОЛЬ УЗКИХ ВОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС\*

В. В. ЛУКИША

Украинская сельскохозяйственная академия

Изложены результаты исследований мелiorативного влияния узких (12—13 м) водорегулирующих лесных полос на скорость ветра, снегоотложение, режим влажности и плодородие почв, эрозийный процесс и урожай сельскохозяйственных культур. Обоснована наиболее эффективная конструкция полос в зоне Правобережной степи УССР.

Опыт защитного лесоразведения в нашей стране показал нецелесообразность применения на пахотных склонах широких водорегулирующих лесных полос и необходимость перехода к более узким, типа

\* Работа выполнена под руководством проф. В. А. Бодрова.

обычных полезащитных [2, 5, 7, 8, 9], что нашло отражение в соответствующих инструктивных указаниях [6].

Задача наших исследований заключалась в изучении мелиоративной роли узких водорегулирующих полос в целях обоснования эффективной конструкции их в условиях черноземной Правобережной степи УССР.

Объектом исследований служили три варианта конструкций водорегулирующей лесной полосы шириной 12—13 м, расположенной на слабосчлененном прибалочном склоне крутизной 1,5—3,5°, длиной 1,2 км, в сети лесных полос, с шириной межполосных полей 600—630 м (колхоз им. Свердлова, Доманевского района, Николаевской области).

В лесной полосе 20-летнего возраста, состоящей из семи рядов древесно-кустарниковых пород (акация белая, ясень обыкновенный и зеленый, жимолость татарская, акация желтая), были выделены три варианта с разными таксационными показателями (табл. 1), что предопределило формирование соответствующих конструкций: I вариант — продуваемая, II — ажурная, III — слабоажурная (табл. 2). Они различаются ажурностью профиля и соответствующей продуваемостью [1].

Таблица 1

Номер варианта	Состав по ярусам	$H_{\text{ср}}$ м	$D_{\text{ср}}$ см	Количество деревьев на 1 км полосы	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Сомкнутость	
						древесного полога	подлеска
1	I—6Я. о3А. б1Я. з, ед. К. т	5,4	5,4	3840	5,97	0,7	0,0
	II—10К. т, ед. Я. о	3,5	3,2	1880	1,30	0,1	
2	5Я. о4А. б1К. т, ед. Я. з	5,9	6,0	5240	11,51	0,8	0,3
3	6А. б2Я. о2Я. з + К. т	5,7	5,9	4150	7,13	0,7	0,5

Таблица 2

Конструкция	Ажурность, %		Продуваемость, %		Суммарная ветрозащита	
	между стволами	в кронах	между стволами	в кронах	при ветре	при ветре
					вверх по склону	вниз по склону
Продуваемая	45	10	69	27	29	35
	80	40	87	68	18	24
Ажурная	15	20	46	35	34	41
	40	50	71	74	24	28
Слабоажурная	5	25	36	46	36	43
	25	55	48	78	25	30

Примечание. В числителе показатели для насаждений в облнственном состоянии; в знаменателе — в безлистном. Скорость ветра 4,6—6,2 м/с на высоте 1 м; угол набегаия 80—90°.

Методика исследований включала комплекс полевых полустационарных наблюдений в пунктах, расположенных на разном удалении от полосы вверх и вниз по склону вдоль профилей, пересекающих защищенный и открытый участок склона. Ветрозащитную эффективность полос разных конструкций измеряли по В. А. Бодрову [1] и Н. М. Горшенину [4]. Смысл почвы измеряли комбинированным способом с применением шпильки-реперов [10]. Режим влажности почвы изучали термовесовым способом, изменение морфологических, водно-физических, химических свойств почвы — по методикам, принятым в почвоведении. Урожай учитывали биологическим и бункерным способом. Материалы наблюдений обработаны методами математической статистики.

Важнейший показатель эффективности лесных полос как ветроломов — «суммарная ветрозащита», т. е. средневзвешенный процент снижения скорости ветра в зоне 30H [3]. Этот показатель оказался наиболее высоким у варианта ВЛП слабоажурной конструкции, а повы-

шенная продуваемость между стволами у варианта продуваемой конструкции сопровождалась снижением суммарной ветрозащиты на 6—7%. Вариант ажурной конструкции по ветрозащитной эффективности мало уступает слабоажурной, а по характеру аэродинамической кривой близок к продуваемой. В безлистной полосе суммарная ветрозащита снижается в 1,4—1,6 раза, причем наиболее резко — у варианта продуваемой конструкции. Установлено, что суммарная ветрозащита лесных полос повышается на 4—7% при ветрах, дующих вниз по склону, по сравнению с противоположным направлением, что обусловлено анемометрическим влиянием рельефа [4].

Суммарная дальность влияния ВЛП на снегоотложение составила у продуваемой — 24—28*H*, ажурной — 21—26*H*, слабоажурной — 20—24*H*. Общая масса задержанного снега увеличивалась по мере увеличения суммарной ветрозащиты, а разница в прибавке снеговой воды на полях оказалась несущественной, так как у варианта ВЛП с густым подлеском значительная часть всего объема снега (17,3%) задерживалась под пологом насаждения.

Под влиянием водорегулирующих лесных полос складывается более интенсивный режим влажности почвы как под пологом насаждения, так и на прилегающих полях вверх и вниз по склону (табл. 3, данные для однометрового слоя почвы).

Таблица 3

Конструкция	Накопление влаги за холодный период года в среднем за 1971-1974 гг., мм					Средняя прибавка весенней влаги в зоне 0—20 <i>H</i> , мм	
	вверх по склону		на лесной полосе	вниз по склону		вверх по склону	вниз по склону
	Конт- роль	В зоне 0—20 <i>H</i>		В зоне 0—20 <i>H</i>	Конт- роль		
Продуваемая	65	90	88	78	54	28,7	21,3
Ажурная	64	88	130	80	54	26,6	24,6
Слабоажурная	64	87	143	83	54	24,8	29,1

Прибавка весенней влаги в зоне шириной 0—20*H* вверх и вниз по склону была наиболее высокой (37,5 мм) в 1974 г. после малоснежной зимы и недостаточного предзимнего увлажнения. Весной 1973 г. после снежной зимы прибавка влаги на полях была наименьшей — 18,9 мм. В варианте продуваемой конструкции лучше увлажнялся подветренный (вверх от полосы) склон, а в варианте слабоажурной конструкции — наветренный (вниз от полосы).

Почвозащитное действие водорегулирующих лесных полос ажурной конструкции оказалось наиболее эффективным во время стока ливневых вод (табл. 4).

Оно проявилось в изменении динамики эрозионного процесса в сторону снижения смыва и повышения аккумуляции в приопушечной зоне и под пологом насаждения на «рабочих участках», площадь которых при наличии кустарника была больше в 1,5—2,0 раза, что обуславливало зарегулирование стока на 10—20% обеспеченности.

Ввиду незначительных, как правило, запасов снега на полях сток талых вод формировался слабый и почва под насаждением поглощала, в основном, талую воду из внутренних сугробов. При высоте их 0,8 м и более в период интенсивного таяния формировался ручейковый сток, сопровождаемый смывом почвы до 2,4 м<sup>3</sup>/га в приопушечной части поля и намывом делювия в зоне 40—60 м ниже полосы.

Многолетняя мелиорация оказала положительное влияние на морфологические признаки обыкновенного чернозема, содержание гумуса,

Таблица 4

Расстояние, м		Уклон, град	Максимальный смыв в 1972—1974 г., м <sup>3</sup> /га		Мощность гумусового горизонта, см	Запас гумуса в слое 0—100 см, т/га	Азот гидролизуемый в слое 0—20 см, мг/100 г почвы	Водопрочные агрегаты 1 мм в слое 10—20 см, %	Водопроницаемость 50 мм воды, мм/мин
от водораздела	от лесной полосы		талыми водами	ливневыми водами					
Вверх по склону									
100	300	1,5	0,0	2,6	64	280	5,8	7,2	25,0
300	100	3,0	0,2	20,9	52	259	4,6	—	26,5
	60	3,0	0,2	20,1	54	274	6,7	12,7	33,3
400	20	3,0	0,1	8,5	61	324	11,1	11,6	30,8
	ВЛП	3,2	0,0	0,0	80	483	11,6	18,5	49,2
Вниз по склону									
500	20	3,5	0,9	2,8	57	318	16,3	13,7	27,6
	60	3,5	0,1	2,5	64	283	8,1	5,6	29,0
700	100	3,5	0,1	6,2	47	239	4,6	—	25,5
700	300	3,5	0,2	9,2	51	209	5,8	6,2	20,7
На открытом склоне									
100	—	1,5	0,0	1,5	62	282	8,2	6,1	23,8
300	—	3,0	0,4	21,5	46	—	—	—	—
400	—	3,5	—	—	45	247	7,3	4,6	21,0
500	—	3,5	0,4	—	49	—	—	—	—
700	—	3,5	0,4	48,2	48	196	4,6	5,3	20,3

элементов питания, структурность и водопроницаемость почвы не только под пологом насаждения, но и в зоне 0—10H вверх и вниз по склону (табл. 4).

Улучшение экологических условий произрастания сельскохозяйственных культур на защищенных полях отразилось на их урожайности. В неблагоприятном 1972 г. в зоне 0—20H озимая пшеница Безостая-1 дала прибавку 13,6 ц/га (70%), Одесская-51 — 4,2—4,8 ц/га (16,7—19,1%). В 1974 г. прибавка урожая зеленой массы кукурузы составила 22,7 ц/га (21,4%). Вариант ажурной конструкции дал наибольшую прибавку урожая.

### Выводы

В условиях Правобережной степи УССР наиболее эффективны водорегулирующие полосы ажурной конструкции с ажурностью продольного профиля 15—20%, имеющие в составе подлесок сомкнутостью 0,2—0,4. Формировать такие конструкции при посадке можно путем ввода низкорослого кустарника в крайние ряды звеньевым способом или через одно посадочное место. В местах пересечения ложбин целесообразно увеличивать процент участия кустарника и применять простейшие гидротехнические сооружения на опушках и под пологом насаждения.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бодров В. А. Лесоводственный метод борьбы с засухой. М.—Л., Гослесбуиздат, 1950. [2]. Бодров В. А. Полезастное лесоразведение. Теоретические основы. Киев, «Урожай», 1974. [3]. Бяллович Ю. П. Новые данные о влиянии полезастных полос на скорость ветра. — «Метеорология и гидрология». 1939, № 7—8. [4]. Горшенин Н. М. Защитные лесные полосы на пахотных склонах. — «Научные записки Львовского СХИ», 1948, т. 1. [5]. Данилов Г. Г. Защитные лесонасаждения и система земледелия. М., «Лесная промышленность», 1971. [6]. Инст-

руктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий. М., «Колос», 1973. [7]. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв на сельскохозяйственных угодьях. М., Сельхозгиз, 1963. [8]. Логгинов Б. И. К вопросу о противоэрозийном действии лесных полос. — «Лесное хозяйство», 1958, № 6. [9]. Сурмач Г. П. Водорегулирующая и противоэрозийная роль насаждений. М., «Лесная промышленность», 1971. [10]. Швёбс Г. И. О приемах изучения смыва почв. — «Почвоведение», 1957, № 5.

Поступила 16 июня 1978 г.

УДК 584.131 : 674.032.475.4

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНОИДОВ В ХВОЕ СОСНЫ В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ КУЛЬТУРАХ

В. К. ПОПОВ, Н. М. ПОПОВА

Воронежский лесотехнический институт

Установлено, что примесь березы в культурах сосны способствует накоплению каротиноидов в хвое сосны. В пределах сосновой кулисы содержание желтых пигментов увеличивается по мере удаления от середины кулисы сосны к кулисе березы. Затенение сосны березой при сильном ее перерастании в большей степени оказывает влияние на снижение синтеза ксантофиллов, чем каротина.

Проблема повышения продуктивности и устойчивости искусственно созданных насаждений — одна из актуальных в современном лесоводстве. Выращивание высокопродуктивных древостоев хорошего качества в возможно более короткие сроки диктуется необходимостью удовлетворения народного хозяйства в различных полезных лесах, в первую очередь, в главнейшем продукте — древесине. Среди многих способов повышения продуктивности определенное место занимает создание смешанных насаждений, которые к тому же более устойчивы к неблагоприятным факторам среды.

Лесоводы неоднократно подчеркивали, что одна порода не в состоянии так полно использовать почвенное плодородие, как смешанное насаждение, охватывающее и использующее корневыми системами более мощный слой почвогрунта ([2] и др.).

При создании смешанных культур сосны в качестве сопутствующей породы широко используется береза, которая, наряду с сосной, мирится с бедностью и низкой влагоудерживающей способностью борových песчаных почв [3—6]. Однако примесь березы не всегда обеспечивает более высокую продуктивность сосново-березовых культур. Сложные конкурентные взаимоотношения между сосной и березой приводят нередко к расстройству насаждения, особенно остро они проявляются в зоне контакта пород. Для выяснения характера взаимоотношений сосны и березы при совместном произрастании, направленного их регулирования и обоснования оптимальных типов смешения необходимо детально изучить особенности физиологических процессов в смешанных древостоях.

В данном сообщении приводятся результаты исследования динамики каротиноидов в хвое сосны чистых и смешанных сосново-березовых культур. Теоретическими и практическими соображениями вызван интерес к желтым пигментам. В последние годы им отводят определенную роль в фотосинтезе, а в связи с широкой переработкой хвои на хвойно-витаминную муку и использованием ее в животноводстве, накопление каротиноидов имеет большое практическое значение. Каро-

тину, как известно, принадлежит существенная роль в различных обменных биохимических реакциях и органообразовательных процессах, а также в предотвращении фотоокисления хлорофилла [8]. Каротиноиды зеленого листа участвуют в некоторых фотосинтетических реакциях, в частности в поглощении части энергии солнца и передаче ее хлорофиллу, в реакциях фотолиза воды [7].

Исследования проводили в смешанных и чистых культурах сосны Семилукского и Сомовского лесхозов Воронежской области, произрастающих в условиях свежей простой субори (В<sub>2</sub>) и в переходных условиях от А<sub>2</sub> к В<sub>2</sub>. Основные показатели роста культур приведены в табл. 1. Возраст культур 12 лет и 23 года.

Таблица 1

Номер пробной площади	Схема посадки	Средняя высота, м		Средний диаметр, см		Степень перерастания сосны березой, %	Высота, м (числитель) и диаметр, см (знаменатель) сосны		
		сосны	березы	сосны	березы		1-й ряд	2-й ряд	Средина
3Б	8 р. СББ	6,3	7,9	6,5	6,6	125	$\frac{6,1}{6,1}$	$\frac{6,1}{6,4}$	$\frac{6,0}{6,3}$
4Б	СССССС	5,7	—	6,6	—	—	—	—	—
5	8 р. СББ	6,6	8,9	6,3	7,2	135	$\frac{6,1}{5,6}$	$\frac{6,7}{6,1}$	$\frac{6,3}{6,0}$
6	СССССС	6,3	—	6,1	—	—	—	—	—
1	11 р. С 11 р. Б	8,7	13,2	8,2	9,5	152	$\frac{7,3}{6,8}$	$\frac{9,4}{8,5}$	$\frac{7,7}{7,9}$
3	СССССС	7,2	—	7,4	—	—	—	—	—
13	11 р. С 11 р. Б	7,9	8,0	8,1	7,1	101	$\frac{8,8}{9,3}$	$\frac{7,9}{7,8}$	$\frac{7,8}{8,1}$
16	СССССС	6,8	—	7,4	—	—	—	—	—

Для определения содержания каротиноидов в рядах чистого и смешанного насаждений отбирали 9—10 деревьев (средних), с которых брали хвою второй — третьей мутовки верхнего яруса с западной стороны. Из образцов хвои составляли три средние пробы. Исследования проводили в трех биологических и двух химических повторностях. Качественное и количественное разделение желтых пигментов проводили методом бумажной хроматографии [1] с использованием фотоэлектроколориметра КФ-5. Результаты обработаны методом дисперсионного анализа.

Изучение сезонной динамики каротиноидов в хвое сосны показало, что в сосново-березовых культурах этот процесс идет интенсивнее. Во все сроки определений содержание каротиноидов в хвое смешанных культур оказалось более высоким, чем в чистых (табл. 2), причем различия математически достоверны, т. е. выходят за пределы наименьшей существенной разницы (НСР<sub>05</sub>). Содержание каротиноидов подвержено определенной динамике в течение сезона: в начале вегетации как в чистых, так и в смешанных культурах желтых пигментов в 1,5 раза больше, чем в конце вегетационного периода. Следовательно, в период наибольшего роста сосны происходит интенсивный синтез желтых пигментов, что косвенно свидетельствует об их участии в процессе фотосинтеза. Для подтверждения этого положения нами одновременно с определением содержания каротиноидов в хвое изучена реакция Хилла в изолированных хлоропластах (табл. 3).

Данные табл. 3 показывают, что во всех случаях имеет место более интенсивный фотолиз воды в хвое смешанных насаждений по сравнению с чистыми, максимум скорости реакции Хилла обнаружен

Таблица 2

Номер пробной площади	Исследуемые культуры	Содержание каротиноидов в хвое, мкг/мг сухой массы					НСР <sub>05</sub>	
		Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Среднее за сезон	для культуры	для срока наблюдений
1974 г.								
6	Чистые	1,10	0,87	0,50	0,87	0,84	0,06	0,05
5	Смешанные	1,09	0,95	0,61	0,90	0,89		
4Б	Чистые	—	1,07	0,83	0,60	0,83	0,032	0,022
3Б	Смешанные	—	1,07	1,03	0,65	0,92		
1975 г.								
4Б	Чистые	0,70	1,00	—	—	0,85	0,003	0,001
3Б	Смешанные	1,15	1,38	—	—	1,27		
3	Чистые	1,70	0,67	—	0,73	1,03	0,14	0,10
1	Смешанные	1,81	0,85	—	1,01	1,23		
16	Чистые	0,21	0,15	—	0,12	0,16	0,015	0,011
13	Смешанные	0,32	0,20	—	0,15	0,22		

Таблица 3

Номер пробной площади	Исследуемые культуры	Скорость реакции Хилла в хлоропластах сосны, мкмоль феррицианида на 1 мг хлорофилла			
		Май	Июнь	Июль	Август
6	Чистые	1,02	—	3,40	2,21
5	Смешанные	1,49	—	4,52	3,57
3	Чистые	1,85	1,42	1,83	1,02
1	Смешанные	2,92	1,85	5,81	3,20

в середине вегетационного периода. Аналогичная динамика наблюдается и в содержании каротиноидов.

Таблица 4

Номер пробной площади	Среднесезонное содержание каротиноидов в хвое, мкг/мг						НСР <sub>05</sub>
	в ряду кулисы сосны				среднее	в чистых культурах (контроль)	
	1с	2с	1ю	2ю			
1974 г.							
3Б, 4Б	0,90	0,86	1,06	0,89	0,88	0,78	0,032
5, 6	0,90	0,89	0,99	0,84	0,83	0,79	0,060
1975 г.							
3Б, 4Б	1,30	1,23	1,30	1,35	1,15	0,85	0,030
1, 3	2,50	2,60	2,20	2,10	1,80	1,60	0,150
13, 16	1,33	1,11	1,42	1,18	1,09	1,03	0,140

Характер взаимоотношений сосны и березы в культурах накладывает отпечаток на динамику каротиноидов в смешанных культурах (табл. 4). При отсутствии сильного перерастания сосны березой (пробные площади 13, 3Б) содержание каротиноидов в примыкающих к березе рядах выше по сравнению с контролем и вторым рядом кулисы. Перерастание сосны березой более чем на 50%, имеющее место на пробной площади 1, ведет к некоторому снижению количества кароти-

ноидов в примыкающем ряду сосны, что, по-видимому, связано с сильным затенением и последующим ослаблением роста примыкающего ряда. Таким образом, береза, если она не перерастает сосну, не только не снижает содержания каротиноидов, а способствует их накоплению. Следовательно, отрицательного влияния аллелопатически активных веществ на синтез желтых пигментов не обнаружено.

В заключение необходимо отметить общую тенденцию: по мере удаления от березы к середине сосновой кулисы содержание каротиноидов в хвое сосны снижается, что согласуется с ростом сосны в пределах кулисы (табл. 1). Аналогичная закономерность характерна не только для суммы желтых пигментов, но и отдельно для каротина и ксантофиллов (табл. 5). Даже при перерастании сосны березой (пробная площадь 1) наблюдается некоторое увеличение каротина в крайних рядах и его постепенное снижение к середине кулисы.

Таблица 5

Номер пробной площади	Среднесезонное содержание каротина (числитель) и ксантофиллов (знаменатель), мкг/мг					
	в ряду кулисы сосны				среднее	в чистых культурах (контроль)
	1с	2с	1ю	2ю		
1974 г.						
3Б, 4Б	0,46	0,43	0,58	0,48	0,46	0,39
	0,44	0,42	0,48	0,40	0,42	0,39
5, 6	0,45	0,44	0,50	0,42	0,42	0,37
	0,38	0,36	0,41	0,37	0,35	0,31
1975 г.						
3Б, 4Б	1,08	0,95	1,08	1,18	1,01	0,68
	0,68	0,60	0,55	0,54	0,47	0,35
1, 3	1,26	1,23	1,36	0,99	1,03	0,99
	1,23	1,26	0,88	1,09	0,76	0,70
13, 16	0,68	0,58	0,63	0,52	0,57	0,50
	0,60	0,56	0,77	0,66	0,52	0,52

Ксантофиллы в большей степени реагируют на затенение, поэтому при значительном перерастании (пробная площадь 1) количество их в крайних, примыкающих к березе рядах уменьшается по сравнению со вторым освещенным рядом кулисы. При отсутствии перерастания отмечается их интенсивное накопление в примыкающих к березе рядах и постепенное снижение к середине кулисы (пробные площади 3Б, 13).

Таким образом, примесь березы в культурах сосны способствует накоплению каротиноидов в хвое. Содержание желтых пигментов в хвое сосны в пределах сосновой кулисы увеличивается по мере удаления от середины кулисы сосны к кулисе березы. Средний ряд 8—10-рядной кулисы сосны имеет количество пигментов, близкое к чистым культурам. Сильное перерастание сосны березой ведет к некоторому снижению каротиноидов в примыкающем ряду сосны, что, по-видимому, связано с затенением крайнего ряда; а при отсутствии перерастания в примыкающем ряду синтез каротиноидов выше, чем в других рядах кулисы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бажанова И. В., Маслова Т. Т. и др. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования. М.—Л., 1964. [2]. Данусявичус Ю. А. Влияние березы на рост и формирование сосновых культур и на лесорастительные свойства подзолистых песчаных почв в условиях Литовской ССР. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук. Минск, 1973. [3]. Даустас М., Градецкас А., Киркшс А. Взаимоотношения пород в смешанных посадках сосны и типы культур. — «Труды Литовского НИИЛХ», 1973, т. 14. [4]. Мельчанов В. А. Береза в культурах сосны. — «Лесное хозяйство». Реф. вып. 1968, № 5. [5]. Новосад С. Д. О роли березы в выращивании высокопроизводительных культур сосны в суборях полевья. — «Труды БТИ», 1970, т. 10. [6]. Рубцов В. И. Культура сосны в лесостепи. М., «Лесная промышленность», 1969. [7]. Сапожников Д. И. Участие каротиноидов в процессе фотосинтеза. — Труды V междунар. биохим. конгресса. Реф. секцион. сообщений. М., АН СССР, 1962. [8]. Станнер Р. Формирование и функция фотосинтетической системы пигментов у пурпурных бактерий. — В сб.: Структура и функция фотосинтетического аппарата. М., 1962.

Поступила 3 апреля 1978 г.

УДК 634.0.453

## ВЛИЯНИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР БОЛЬШИМ СОСНОВЫМ ДОЛГОНОСИКОМ

Г. В. СТАДНИЦКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Поврежденность крупномерных саженцев сосны на вырубке большим сосновым долгоносиком находится в обратной связи с сомкнутостью окружающего травяного покрова. При сомкнутости 0,8—1,0 кора стволиков практически не повреждена жуками. Сомкнутость травостоя определяется видовым составом и фенологическими особенностями составляющих растений.

Большой сосновый долгоносик (*Hyllobius abietis* L.) — одна из важнейших причин неуспеха лесных культур на вырубках Севера и Северо-Запада таежной зоны. Он появляется на любых вырубках, где имеется естественное и искусственное возобновление, не исключая таких, где отсутствуют пни, необходимые для выкармливания личинок. Жуки в период дополнительного питания обгрызают кору стволиков.

В 1974 г. на одной из вырубок в ельнике разнотравном были произведены посадки саженцев сосны с закрытой корневой системой. Вырубка (Ленинградская область, Сиверский лесхоз, Орлинское лесничество) характеризуется ровным рельефом со слабым уклоном с запада на восток и примыкает к стене спелого елово-лиственненного леса. Непосредственно возле стены леса и на расстоянии до 40 м от нее к востоку на вырубке господствовал хорошо развитый травяной покров с многочисленными отпрысками малины. Степень сомкнутости травостоя составляла 0,8—1,0. По мере удаления от стены леса в направлении уклона покров становился более разреженным (0,5—0,6), и лишь на отдельных площадках степень сомкнутости достигала 0,7—0,9 (табл. 1). Высота травостоя у стены леса равнялась 40—60 см (в середине июня), на расстоянии 20—40 м от нее — 30—50 см, а далее не превышала 15—30 см. Соответственно и стволики саженцев оказывались либо почти на всю высоту закрытыми травой, либо практически полностью открытыми.

Таблица 1

Расстояние от стены леса, м	Степень покрытия	Высота травостоя, см	Наименование растений	Обилие по Друде
0—40	0,8—1,0	40—60	Вейник лесной	cop. <sup>2</sup>
			Луговик дернистый	"
			Осот разнолиственный	sol.
			Сныть	"
			Полевица белая	sp.
			Ситник развесистый	"
			Зверобой	cop. <sup>1</sup>
			Золотая розга	sp.
			Щитовник мужской	cop. <sup>1</sup>
			Малина	sp.
40—70	0,5—0,6	15—30	Вейник лесной	"
			Осот разнолиственный	cop. <sup>2</sup>
			Сныть	cop. <sup>1</sup>
			Василистник	sp.
			Ожика волосистая	cop. <sup>1</sup>
			Бор развесистый	"
			Медуница	sol.
			Звездчатка лесная	"
			Марьянник лесной	sp.
			Щитовник мужской	"

Спустя 1,5 месяца (конец июля) сомкнутость живого напочвенного покрова была одинаковой по всей площади участка и составляла 0,9—1,0. В начале июня посадки подверглись сильному повреждению налетевшими жуками долгоносика, причем на одном стволике высотой 30—40 см питалось до 4—6 особей. При обследовании повреждений выяснилось, что разные экземпляры сосны неодинаково повреждены жуками. Наиболее сильно была объедена кора на тех саженцах, вокруг которых был разреженный напочвенный покров. Степень покрытия поверхности почвы и сомкнутость травостоя к концу июля возросли преимущественно за счет развития сныти и осота разнолиственного.

Были заложены ленточные пробы вдоль стены леса на расстоянии 20, 40, 50, 60 и 70 м от нее (далее 70 м посадок не было). Ширина ленты составляла 2 м, а длину брали с таким расчетом, чтобы в учете оказалось не менее 30 живых деревьев. Каждый экземпляр осматривали, измеряли его высоту, глазомерно определяли степень повреждения стволка по следующим категориям: неповрежденные (степень повреждения 0); слабо поврежденные (уничтожено площадками до 10% коры); поврежденные на  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{3}$ ; на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ; на  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ ; более чем на  $\frac{2}{3}$ .

Каждый саженец на ленте относили к одной из двух категорий: растущий в условиях сплошного напочвенного покрова (0,8—1,0) или разреженного травостоя со степенью покрытия 0,7 и ниже. Всего было учтено 208 растений (табл. 2).

Таблица 2

Расстояние ленты от стены леса, м	Степень сомкнутости травостоя (в среднем)	Число учтенных растений		
		сплошь обрубленных травой	растущих среди сплошного травяного покрова	всего
20	0,8—1,0	20	19	30
40	0,7—0,9	38	10	48
50	0,5—0,7	29	21	50
60	0,5—0,6	14	32	46
70	0,4—0,5	11	23	34
Итого	—	112	96	208

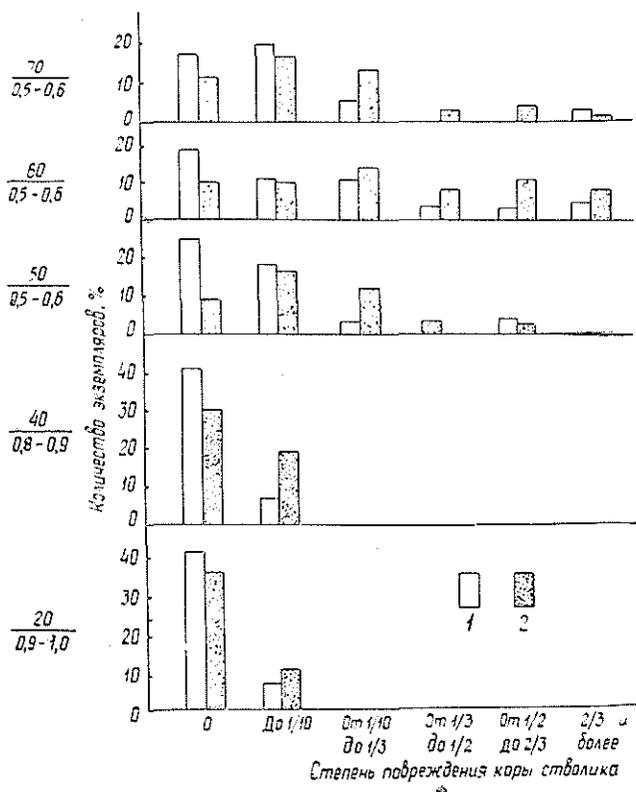


Рис. 1. Зависимость поврежденности коры сосновых культур от сомкнутости напочвенного покрова и расстояния от стены леса.

1 — экземпляры, произрастающие среди сплошного травяного покрова; 2 — среди разреженного покрова. Слева в числителе — расстояние от стены леса, м; в знаменателе — средняя степень проективного покрытия травостоем.

Как видим на рис. 1, наблюдается четкая связь между степенью покрытия и повреждением стволиков жуками большого соснового долгоносика по мере убывания ее от стены леса к центру вырубki. На расстоянии до 40 м большинство саженцев не имеют повреждений или повреждены в слабой степени даже в тех микропарцеллах, где травостой относительно разрежен. На пробных лентах, удаленных от стены леса на 50 м и более, доля неповрежденных или слабо поврежденных саженцев не превышает 50%, причем соотношение между долей поврежденных в густых и разреженных микропарцеллах почти выравнивается. Одновременно возрастает количество экземпляров с повреждением более  $\frac{1}{3}$  коры. На расстоянии 60 и 70 м от стены леса встречаются саженцы с повреждением более  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{1}{3}$  коры, в том числе и почти полностью оголенные. В то же время саженцы среди густой травы (на всех лентах) гораздо реже повреждаются в сильной степени, чем среди разреженной или не образующей сплошного покрова травы.

Очевидно, что жуки избегают густого травостоя, затеняющего места питания, дольше хранящего влагу в течение дня и затрудняющего передвижение.

Анализ путем вычисления коэффициентов сходства показал, что между общей степенью повреждения деревьев жуками и степенью

сомкнутости травостоя вокруг отдельных экземпляров имеется достоверная умеренная обратная корреляция, по крайней мере, если сопоставлять эти показатели применительно к всему обследованному участку ( $r = -0,36 \pm 0,06$ ;  $t = 6,0$ ).

Если же сопоставить степень повреждения саженцев на лентах, расположенных в 20—40 и 50—70 м от стены леса, т. е. со средней сомкнутостью живого напочвенного покрова, то выясняется значительная и достоверная обратная связь ( $r = -0,52 \pm 0,06$ ;  $t = 10,1$ ).

Если сопоставить аналогичным образом долю сильно и слабо поврежденных экземпляров в зависимости от сомкнутости непосредственно окружающего их травостоя, но только в пределах 50—70 м от стены леса, то связь оказывается слабая обратная, хотя и достоверная ( $r = -0,29 \pm 0,081$ ;  $t = 3,6$ ).

Данные статистической обработки показывают, что не только собственно сомкнутость, но и высота травостоя влияет на повреждение деревьев жуками, однако соответствующие наблюдения не проводились.

Замеры прироста последнего года в конце июля показали, что между неповрежденными и слабо поврежденными экземплярами среди густой или редкой растительности нет различий по этому признаку.

Живой напочвенный покров играет существенную роль в распространении растительноядных насекомых и в значительной мере определяет степень наносимого ими ущерба, на что имеются, в частности, указания проф. А. И. Воронцова и некоторых зарубежных авторов, рассматривавших этот вопрос применительно к майскому хрущу и проволочникам. Факт защитного воздействия напочвенного покрова по отношению к культурам, повреждаемым большим сосновым долгоносиком, можно также считать установленным.

Поступила 15 февраля 1977 г.

УДК 634.0.228 : 631.62

## РОСТ И СТРОЕНИЕ МОЛОДЫХ СОСНЯКОВ НА ОСУШЕННЫХ ЗАЛЕЖАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В. М. СОЛОВЬЕВ, Н. А. ДРУЖИНИН, М. А. ДАНИЛОВ

Уральский лесотехнический институт, Пермская ЛОС

Показана связь изменения производительности и структуры 40-летних древостоев с типом залежи и расстоянием от осушителей. Установлена неодинаковая реакция деревьев различного положения в пологе на улучшение почвенно-гидрологических условий.

Эффективность осушения заболоченных лесных площадей определяется повышением продуктивности лесов, увеличением пользования древесиной с единицы площади. Существенным резервом улучшения роста и качественного состояния лесов на осушенных территориях являются рубки ухода. К сожалению, этому вопросу пока не уделяется должного внимания, что связано, прежде всего, с недостаточной изученностью особенностей формирования насаждений на осушенных залежах. Отсутствие необходимых сведений о закономерностях роста и строения древостоев таких насаждений затрудняет разработку и соответствующих способов их таксации.

Цель данной работы — показать особенности изменений таксационных показателей и необходимость глубокого изучения сосняков, формирующихся на осушенных залежах Среднего Урала.

Полевые исследования выполняли в период с 1973 г. по 1976 г. на территории Пермской и Свердловской областей. Объектами изучения служили 40-летние сосняки болотных массивов: Сюзьвинское (Закамский лесхоз), Палкинское и Мелкоозерное (Уральский учебно-опытный лесхоз), Зыбуи (Сысертский лесхоз). Молодняки возникли в результате естественного возобновления на залежах, осушенных в 1930—1940 гг. для торфоразработок.

Пробные площади на неосушенных болотах закладывали по общепринятой в таксации методике, а на осушенных — с учетом методических рекомендаций М. П. Елпатьевского [3] в виде узких параллельных полос на различном расстоянии от осушительной канавы. По данным сплошного перечета каждый древостой подразделяли на две части — А и Б — по методике К. К. Высоцкого [2]. На разных типах залежей заложена 21 пробная площадь со взятием для анализа 235 модельных деревьев. С 11 пробных площадей взяты образцы торфа, и проведен их химический анализ. На всех пробных площадях измеряли уровень грунтовых вод по методике С. Э. Вомперского [1]. Для иллюстрации особенностей роста древостоев высоты средних деревьев сравнивали с соответствующими данными общей химтировочной шкалы М. М. Орлова, отклонения условно выражали классами бонитета.

Результаты химического анализа показали, что по степени плодородия торфяной почвы типы залежей можно расположить следующим образом: низинная, переходная, верховая. На последней класс бонитета насаждения изменился лишь с Va до V и четко не прослеживались закономерности изменения строения древостоев. Поэтому сосняки вер-

Таблица 1

Номер варианта	Среднее расстояние от осушителя, м	Средний диаметр, см	Запас, м <sup>3</sup> на 1 га	Высоты средних деревьев (числитель) и класс бонитета по шкале М. М. Орлова (знаменатель) в возрасте, лет			
				10	20	30	40
Переходная залежь							
Сосняк кустарничково-сфагновый (осушенный)							
10	5	11,2	219	$\frac{1,0}{IV}$	$\frac{4,6}{III}$	$\frac{8,1}{III}$	$\frac{10,3}{III}$
11	10	8,1	150	$\frac{1,0}{IV}$	$\frac{3,7}{IV}$	$\frac{7,4}{IV}$	$\frac{10,1}{III}$
12	25	6,3	80	$\frac{0,7}{V}$	$\frac{2,6}{V}$	$\frac{5,1}{V}$	$\frac{7,5}{IV}$
Сосняк кустарничково-сфагновый (неосушенный)							
14	—	3,6	42	$\frac{0,5}{V}$	$\frac{2,5}{V}$	$\frac{3,8}{V}$	$\frac{4,5}{V}$
Низинная залежь							
Сосняк травяно-болотный (осушенный)							
15	30	11,1	221	$\frac{1,5}{IV}$	$\frac{4,3}{IV}$	$\frac{10,0}{II}$	$\frac{14,5}{II}$
16	140	9,8	166	$\frac{2,0}{IV}$	$\frac{5,0}{III}$	$\frac{8,8}{III}$	$\frac{11,8}{III}$
17	270	9,0	135	$\frac{1,5}{IV}$	$\frac{4,0}{IV}$	$\frac{8,0}{III}$	$\frac{11,8}{III}$
Сосняк болотно-травяной (неосушенный)							
21	—	6,2	26	$\frac{0,6}{IV}$	$\frac{2,7}{IV}$	$\frac{5,4}{IV}$	$\frac{6,8}{V}$

ховой залежи нами исключены из дальнейшего анализа. Ниже рассматриваются характерные варианты древостоев наиболее распространенных типов леса, в которых удалось подобрать контрольные насаждения (неосушенные участки). Сравниваются чистые сосняки (10С, ед. Б) с полнотой 0,7—1,0. Изменение их средних диаметров и запасов приведено в табл. 1, из которой можно видеть, что в 40-летних сосняках от контрольных участков к опытным и по мере уменьшения расстояния до осушителей снижается уровень грунтовых вод, повышаются запас и класс бонитета насаждений. После осушения низинной и переходной залежей класс бонитета с V изменяется соответственно до II и III. Более высокий класс бонитета у насаждений, расположенных возле осушительных канав.

Рост в высоту молодых сосняков происходит по кривым разных классов бонитета. Древостом на осушенных залежах характеризуются увеличивающейся с возрастом интенсивностью роста, которая не соответствует изменению высот в общей бонитировочной шкале М. М. Орлова. Наибольшие отклонения наблюдаются возле осушителей. Лучший мелiorативный результат проявляется на низинной залежи, где улучшение роста значительнее, а влияние осушения распространяется на большее расстояние, чем на переходной.

Известно, что свойства деревьев определяются их положением в древостоях. Абсолютные показатели крон и стволов закономерно повышаются с улучшением положения деревьев от части А к части Б, на осушенных площадях значения этих показателей и процента текущего прироста высот выше, чем на неосушенных (табл. 2, данные для 40-летних сосняков). На переходной залежи эти различия выражены более рельефно и прослеживаются во всех частях древостоев, здесь мелкие по размерам деревья растут в высоту энергичнее крупных. В пределах низинной залежи максимальные расхождения в значениях показателей

Таблица 2

Часть древостоев	Ина крон, м	Диаметр крон, м	Диаметр стволов, см	Высота деревьев, м	Процент текущего прироста высот
Переходная залежь, пробная площадь 12 (расстояние от осушителя 25 м)					
А	$\frac{2,9}{,8}$	$\frac{2,1}{1,4}$	$\frac{5,0}{2,3}$	$\frac{7,0}{4,0}$	$\frac{4,0}{1,8}$
	$\frac{3,6}{2,0}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{6,3}{3,6}$	$\frac{8,2}{4,4}$	$\frac{3,5}{1,9}$
А+Б	$\frac{4,0}{2,1}$	$\frac{2,9}{1,7}$	$\frac{7,5}{4,6}$	$\frac{8,6}{5,0}$	$\frac{3,6}{1,8}$
Б					
Низинная залежь, пробная площадь 15 (расстояние от осушителя 30 м)					
А	$\frac{4,1}{2,7}$	$\frac{2,0}{1,5}$	$\frac{5,9}{3,4}$	$\frac{7,2}{4,6}$	$\frac{3,8}{3,7}$
	$\frac{4,8}{3,8}$	$\frac{2,5}{2,1}$	$\frac{7,6}{5,6}$	$\frac{8,3}{5,6}$	$\frac{3,9}{2,2}$
А+Б	$\frac{4,2}{4,8}$	$\frac{2,4}{2,5}$	$\frac{8,9}{7,8}$	$\frac{8,6}{6,8}$	$\frac{3,8}{3,4}$
Б					

Примечание. В числителе данные для осушенных участков; в знаменателе — для неосушенных.

наблюдаются среди отставших в росте деревьев части А, что указывает на снижение разницы в размерах деревьев на осушенных площадях. Это подтверждается изменчивостью диаметров, которая на контроле составила 47%, а на осушенных участках не выходила за пределы 35%. Интересно, что корреляционное отношение высот к диаметрам в вариантах насаждений 15, 16, 17 и 21 (табл. 1) неодинаково и закономерно повышается по мере удаления древостоев от осушителя от 0,45 до 0,86, достигая на контроле значения 0,90.

Улучшение роста древостоев в целом и изменения в соотношениях таксационных показателей деревьев разного положения приводят к изменениям в строении древостоев, порядке сочетания деревьев в них. Об этом можно судить по различиям в характере распределения деревьев по толщине (табл. 3).

Таблица 3

Номер варианта	Расстояние до осушителя, м	Процент числа деревьев в относительных ступенях									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Переходная залежь											
Сосняк кустарничково-сфагновый (осушенный)											
10	5	12,5	13,5	14,5	13,5	12,5	11,0	8,5	6,5	5,0	2,5
11	10	14,5	14,5	17,5	15,0	13,0	11,0	6,5	5,0	2,0	1,0
12	25	14,0	16,5	19,5	16,0	14,0	8,5	5,5	2,5	2,0	1,5
Сосняк кустарничково-сфагновый (неосушенный)											
14	—	23,5	23,0	19,0	12,0	10,0	4,5	4,0	2,0	1,5	0,5
Низинная залежь											
Сосняк травяно-болотный (осушенный)											
15	30	12,5	13,5	15,5	15,5	13,5	9,0	6,5	6,5	5,0	2,5
17	270	4,0	12,0	18,0	18,0	15,0	11,0	10,5	6,5	4,5	0,5
Сосняк травяно-болотный (неосушенный)											
21	—	20,5	20,0	18,5	12,5	10,5	6,0	4,5	4,5	1,5	1,5

С увеличением расстояния от осушителя повышается плотность второй—пятой ступеней на переходной и третьей—седьмой ступеней на низинной залежах, максимум числа деревьев находится соответственно в третьей и четвертой, а на контроле в первых двух ступенях. Коэффициент асимметрии на неосушенном участке низинной залежи составляет  $0,860 \pm 0,189$ , на осушенных он изменяется от  $0,103 \pm 0,050$  до  $0,390 \pm 0,030$ . От особенностей распределения деревьев зависит и положение средних деревьев. На осушенных залежах показатели рангов средних по диаметру деревьев всего древостоя (А+Б) изменяются в пределах 56—64%, а на неосушенных — в интервале 61—66%. Различны ранги средних диаметров и в частях А и Б. Отмеченные особенности распределений обуславливают и неодинаковое строение древостоев, выражаемое рядами редуционных чисел (табл. 4). Сравнивая значения редуционных чисел одноименных рангов, можно отметить, что строение древостоев на осушенных и неосушенных участках различно. На осушенных залежах наиболее существенная разница в редуционных числах характерна для деревьев высшего ранга.

Особенности строения древостоев определяются характером дифференциации деревьев в них. Показателем степени дифференциации

Таблица 4

Номер варианта	Редукционные числа в долях от среднего диаметра для рангов, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Переходная залежь										
Сосняк кустарничково-сфагновый (осушенный)										
10	0,63	0,71	0,80	0,87	0,96	1,04	1,13	1,24	1,39	1,66
11	0,58	0,68	0,77	0,84	0,91	1,00	1,10	1,21	1,37	1,80
12	0,59	0,68	0,75	0,83	0,91	0,98	1,08	1,19	1,37	1,91
Сосняк кустарничково-сфагновый (неосушенный)										
14	0,47	0,56	0,64	0,72	0,81	0,92	1,06	1,22	1,50	2,44
Низинная залежь										
Сосняк травяно-болотный (осушенный)										
15	0,60	0,67	0,74	0,83	0,91	1,01	1,05	1,22	1,35	1,65
17	0,63	0,71	0,78	0,86	0,94	1,02	1,11	1,23	1,38	1,76
Сосняк травяно-болотный (неосушенный)										
21	0,49	0,60	0,69	0,82	0,91	1,04	1,20	1,40	1,75	2,51

могут служить амплитуды колебания средних редукционных чисел по частям А и Б. В вариантах 10, 11, 12 и 14 они соответственно составляют 0,24, 0,49, 0,60 и 0,70, а в вариантах 15, 17 и 21 — 0,50, 0,52 и 0,88. Это значит, что дифференциация деревьев по диаметру повышается по мере удаления древостоев от осушителя и от опытных участков к контрольным.

Таким образом, молодняки, возникшие на осушенных участках вырубок заболоченных сосняков Среднего Урала, отличаются от аналогичных по возрасту древостоев неосушенных залежей ускоренным формированием и более высокой производительностью.

Выявленные особенности роста и строения сосняков на осушенных залежах Среднего Урала свидетельствуют о необходимости продолжения исследований в этом направлении в целях разработки наиболее приемлемых способов таксации и формирования древостоев.

Полученные данные позволяют дать лишь некоторые общие рекомендации. При таксации насаждений и уходе за ними нужно учитывать типы залежей и леса, расстояние древостоев от осушителей и другие особенности. Оптимальным, с точки зрения ускоренного формирования высокопроизводительных насаждений, следует считать вариант постепенного снижения уровня грунтовых вод в соответствии с ростом и развитием деревьев и при отборе деревьев в рубку учитывать повышенную энергию роста деревьев, занимающих подчиненное положение в пологе. При трелевке и вывозке древесины от рубок ухода в зимнее время дренажные каналы можно использовать в качестве волоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вомперский С. Э. О методике наблюдений за почвенно-грунтовыми водами при гидроресурсомелиоративных исследованиях. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 1. [2] Высоцкий К. К. Закономерности строения смешанных древостоев. М., Гослесбумиздат, 1962. [3] Елпатьевский М. П. Методика определения эффективности лесосушения. Л., 1971.

Поступила 17 апреля 1978 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.375 : 330.115

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ***Г. М. АНИСИМОВ, П. А. ПУСТОШНЫЙ*

Ленинградская лесотехническая академия

Методом математического планирования эксперимента получено интерполяционное уравнение, определяющее зависимость производительности трелевочного трактора от мощности двигателя, рейсовой нагрузки и сопротивления движению.

Трелевочные тракторы эксплуатируются в сложных разнообразных условиях, определяющихся характером древостоя, рельефом местности, физико-механическими свойствами грунта и другими факторами. Поэтому проведение экспериментальных исследований сопровождается большими материальными и трудовыми затратами.

В настоящее время при научных исследованиях находит применение метод математического планирования эксперимента, который в ряде случаев позволяет резко сократить трудоемкость получения необходимого экспериментального материала [4, 5].

Один из основных показателей совершенства конструкции и энергонасыщенности трелевочного трактора — его производительность, при исследовании которой метод многофакторного планирования позволяет определить степень влияния различных факторов на получение максимальной производительности.

В перспективе следует ожидать широкое использование в лесозаготовительном производстве технологических процессов с первичным транспортом леса энергонасыщенными тракторами на расстояние 1,5—2,0 км и более [2, 3]. Такая особенность перспективных технологических процессов нашла отражение в задачах исследований, одна из которых предусматривает оценку транспортной производительности тракторов разной энергонасыщенности при трелевке древесины по волоку-полигону на расстояние 1,5 км. Предыдущие исследования показали, что основными факторами, влияющими на транспортную производительность трелевочных тракторов, являются энергонасыщенность, рейсовая нагрузка, коэффициент сопротивления движению. Факторы не имеют линейной коррелятивной связи, управляемы и могут быть представлены в кодированном виде. Связь между кодированными и натуральными значениями факторов, интервалы их варьирования выбраны исходя из реальных диапазонов изменения условий и мощности двигателя (табл. 1). Влияние неучтенных факторов (колебания атмосферных условий, состояние двигателя, состояние микропрофиля волокна) уменьшилось вследствие рандомизации опытов.

После изучения априорной информации была принята математическая модель процесса в виде интерполяционного полинома первого порядка и применено ортогональное планирование:

Таблица 1

Кодированное обозначение факторов	Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
$x_1$	Рейсовая нагрузка, пл. м <sup>3</sup>	5,5	7,0	8,5	1,5
$x_2$	Мощность двигателя, л. с.	62	76	90	14
$x_3$	Удельное сопротивление движению	0,212	0,224	0,236	0,012

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3,$$

где  $y$  — оценочный параметр;

$b_{ij}$  — постоянные коэффициенты модели.

Матрица планирования многофакторного эксперимента и результаты опытов, при трехкратной повторяемости, средние значения опытных  $\bar{y}$  и расчетные производительности  $\hat{y}$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	$x_{2,3}$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$\bar{y}$	$\hat{y}$
1	+	-	-	-	+	+	+	21,37	21,20	20,73	21,10	21,71
2	+	-	-	-	-	-	+	26,00	24,86	25,67	25,51	25,35
3	+	-	+	-	-	+	-	28,23	29,60	27,43	28,42	28,15
4	+	+	+	-	+	-	-	35,60	34,72	32,91	34,41	34,15
5	+	-	-	+	+	-	-	18,32	18,87	19,03	18,74	18,09
6	+	+	-	+	-	+	-	21,17	21,80	21,86	21,61	21,73
7	+	-	+	+	-	-	+	23,97	24,86	24,16	24,33	24,53
8	+	+	+	+	+	+	+	30,14	29,83	30,96	30,31	30,53

В результате обработки данных получено уравнение регрессии, определяющее производительность трелевочного трактора,

$$y = 25,53 + 2,412x_1 + 3,812x_2 - 1,812x_3 + 0,587x_1x_2 - 0,187x_1x_3 - 0,237x_2x_3.$$

Значимость коэффициентов регрессии проверяли с помощью критерия Стьюдента с доверительной вероятностью 95% [1]:

$$t = \frac{|b_i|}{S_{b_i}},$$

где  $t$  — значение критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05;

$|b_i|$  — абсолютное значение коэффициента регрессии;

$S_{b_i}$  — квадратичная ошибка коэффициента регрессии.

Сравнение расчетных данных с табличными показывает, что при факторах  $x_1, x_2, x_3$  и  $x_{1,2}$  коэффициенты значимы, т. е.  $t > t_{\text{табл}}$ . У факторов  $x_{1,3}$  и  $x_{2,3}$   $t < t_{\text{табл}}$ , следовательно, коэффициенты не значимы, и этими факторами можно пренебречь. Для проверки однородности дисперсий при одинаковом числе параллельных замеров во всех опытах использовали критерий Кохрена [1]:

$$G_{max} = \frac{S_{y\ max}^2}{N \sum_{u=1}^u S_u^2},$$

где  $S_{y \max}^2$  — максимальная дисперсия, характеризующая ошибку опыта;  
 $S_u^2$  — сумма дисперсий параллельных опытов.

Поскольку экспериментальные значения критерия Кохрена не превышают табличных, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается.

Проверку адекватности, описываемой полученным уравнением регрессии, производим с помощью критерия Фишера  $F$  [1]:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2},$$

где  $S_{ад}^2$  — дисперсия адекватности;  
 $S_y^2$  — дисперсия воспроизводимости модели.

По опытным данным, критерий Фишера равен 1,42. Его табличное значение при 5%-ном уровне значимости равно 3,6. Так как расчетное значение критерия Фишера меньше табличного, гипотезу адекватности модели можно считать верной с 95%-ной вероятностью.

Для более удобной интерпретации полученных результатов и расчетов уравнение регрессии приводится к раскодированному виду:

$$П_T = 42,32 - 0,520 Q + 0,076 N_e - 151,0\psi + 0,028 Q N_e,$$

где  $Q$  — рейсовая нагрузка, пл. м<sup>3</sup>;  
 $N_e$  — мощность двигателя, л. с.;  
 $\psi$  — коэффициент сопротивления движению.

Расчетные данные, полученные с помощью этого уравнения, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными. Так, максимальная относительная разность опытной и расчетной производительности равна 0,9% (табл. 2, опыт 5).

На рис. 1 приведены теоретические и экспериментальные данные однофакторного эксперимента, которые показывают достаточно хорошее совпадение.

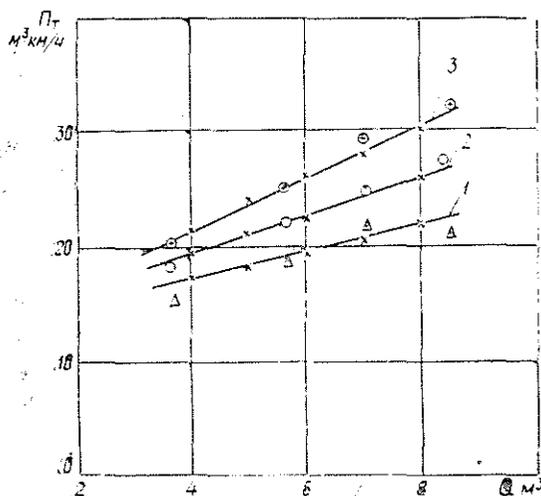


Рис. 1. Влияние рейсовой нагрузки на транспортную производительность тракторов различной модификации.

1 —  $N_e = 62$  л. с.; 2 —  $N_e = 75$  л. с.;

3 —  $N_e = 90$  л. с.;  $\psi = 0,230 \div 0,235$ .

Крестиками обозначены результаты, полученные по уравнению; другими значками — результаты однофакторного эксперимента.

Из уравнения видно, что наибольшее влияние, в силу значимости коэффициентов регрессии, на производительность трелевочного трактора оказывает мощность двигателя. Знак минус у коэффициента при факторе  $x_3$  показывает, что производительность трактора падает с увеличением удельного сопротивления движению.

Дальнейшее исследование уравнения, по отысканию оптимальных условий методом Бокса — Уилсона, показало, что мы находимся в стационарной области. Об этом же свидетельствует достаточно высокое значение параметра оптимизации (опыт 4), полученное при реализации матрицы планирования, которое при крутом восхождении улучшить не удалось.

Исследования показали целесообразность применения теории планирования эксперимента при исследовании производительности трелевочных тракторов, что позволяет определить объем опытов при заданной точности.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Адлер Ю. П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1976. 279 с. [2]. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Система машин для лесозаготовок. М., «Лесная промышленность», 1977. 246 с. [3]. Бараксин Ф. Д., Ступнев Г. К. Основные направления технического прогресса лесной и деревообрабатывающей промышленности. М., «Лесная промышленность», 1974. 400 с. [4]. Злотин Г. Н. и др. Применение метода математического планирования экспериментов при испытании систем зажигания. — «Автомобильная промышленность», 1977, № 10, с. 3—5. [5]. Мандельштам А. Д. и др. Применение многофакторного эксперимента при анализе процесса сгорания. — «Автомобильная промышленность», 1976, № 5, с. 4—6.

Поступила 20 сентября 1978 г.

УДК 634.0.323.13.375

### К АНАЛИЗУ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ПОДВЕСКИ БАЗЫ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ

В. А. ЧЕРНЦОВ, В. А. АЛЕКСАНДРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

На основании теоретических и экспериментальных исследований сделан анализ приемлемости расчетных схем для приведения жесткости подвески базы при исследовании динамики машин с манипуляторами.

При изучении динамической нагруженности лесосечных машин с манипуляторами исследователи в целях упрощения расчетных схем часто условно заменяют одну из подвесок базы шарниром [1—5], однако не анализируют такого допущения. В предлагаемой работе определяется приемлемость этого допущения для исследования динамики переходных процессов в технологическом оборудовании лесных машин.

В случае замены подвески А шарниром (рис. 1) жесткость, приведенная на конец стрелы, выражается формулой

$$C_{\text{пр}}^A = C_B \left( \frac{l_2}{l_1} \right)^2, \quad (1)$$

где  $C_B$  — жесткость подвески В;

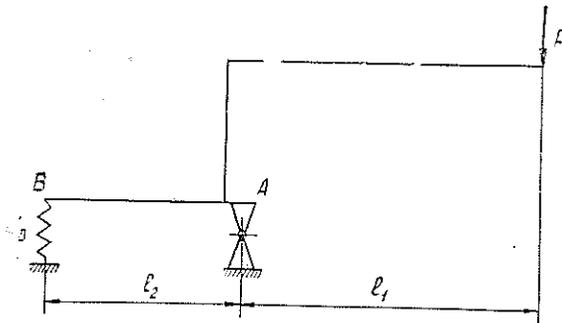
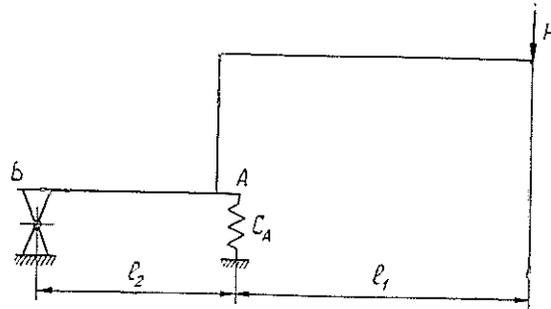


Рис. 1. Расчетная схема при замене подвески А шарниром.

$l_2$  — расстояние между подвесками;  
 $l_1$  — вылет стрелы.

Эта расчетная схема чаще всего применяется при исследовании лесосечных и лесотранспортных машин.

Рис. 2. Расчетная схема при замене подвески В шарниром.



При замене подвески В шарниром (рис. 2) приведенная жесткость определится выражением

$$C_{\text{пр}}^B = C_A \left( \frac{l_2}{l_2 + l_1} \right)^2. \quad (2)$$

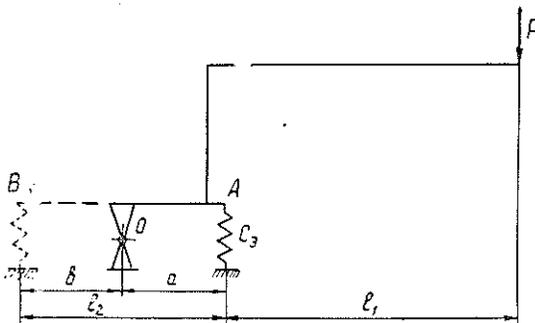


Рис. 3. Расчетная схема при условном введении шарнира в центр колебаний массы базы.

По схеме, изложенной в работе [6], приведенная на конец стрелы жесткость (рис. 3)

$$C_{\text{пр}} = C_9 \left( \frac{a}{a + l_1} \right)^2, \quad (3)$$

где  $a$  — расстояние от центра колебаний до эквивалентной подвески;

$$a = \frac{l_2(l_1 + l_2)}{2l_1 + l_2}; \quad (4)$$

$C_9$  — эквивалентная жесткость подвески;

$$C_9 = C_A + C_B \left( \frac{b}{a} \right)^2. \quad (5)$$

В формуле (5)

$$\frac{b}{a} = \frac{l_1}{l_2 + l_1}. \quad (6)$$

Тогда

$$C_9 = \frac{(l_1 + l_2)^2 C_A + \frac{C_A^2}{C_B} l_1^2}{(l_1 + l_2)^2} \quad (7)$$

и

$$C_{\text{пр}} = \frac{\left[ (l_1 + l_2)^2 C_A + \frac{C_A^2}{C_B} l_1^2 \right]}{(l_1 + l_2)^2} \cdot \frac{\left[ \frac{l_2(l_1 + l_2)}{2l_1 + l_2} \right]^2}{\left[ \frac{l_2(l_1 + l_2)}{2l_1 + l_2} + l_1 \right]^2}. \quad (8)$$

После преобразований выражения (8) имеем

$$C_{\text{пр}} = \frac{\left[ (l_1 + l_2)^2 C_A + \frac{C_A^2}{C_B} l_1^2 \right] l_2^2}{[l_1^2 + (l_1 + l_2)^2]^2}. \quad (9)$$

При  $C_A = C_B = C_{\text{п}}$

$$C_{\text{пр}} = \frac{l_2^2 C_{\text{п}}}{l_1^2 + (l_1 + l_2)^2}. \quad (10)$$

Если считать, что в реальной схеме имеют место деформации подвесок по обеим схемам замещения подвесок шарнирами, то

$$C_2 = \frac{C_{\text{пр}}^A C_{\text{пр}}^B}{C_{\text{пр}}^A + C_{\text{пр}}^B} = \frac{C_{\text{п}} \left( \frac{l_2}{l_1} \right)^2 C_{\text{п}} \frac{l_2^2}{(l_1 + l_2)^2}}{C_{\text{п}} \left( \frac{l_2}{l_1} \right)^2 + C_{\text{п}} \left( \frac{l_2}{l_1 + l_2} \right)^2}.$$

После преобразований

$$C_2 = C_{\text{п}} \frac{l_2^2}{l_1^2 + (l_1 + l_2)^2},$$

что полностью совпадает с формулой (10).

Определим степень точности обеих схем по отношению к расчетной схеме, изображенной на рис. 3:

$$\frac{C_{\text{пр}}^A}{C_{\text{пр}}} = 1 + \left( \frac{l_1 + l_2}{l_1} \right)^2; \quad (11)$$

$$\frac{C_{\text{пр}}^B}{C_{\text{пр}}} = 1 + \left( \frac{l_1}{l_1 + l_2} \right)^2. \quad (12)$$

Пример приведения жесткости подвески к концу стрелы формировщика плотов:

1) при угле подъема  $\alpha = 0^\circ$   $l_2 = 1,92$  м;  $l_1 = 3,87$  м, значит

$$\frac{C_{\text{пр}}^A}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{(3,87 + 1,92)^2}{3,87^2} = 3,24; \quad \frac{C_{\text{пр}}^B}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{3,87^2}{(3,87 + 1,92)^2} = 1,44;$$

2) при  $\alpha = 30^\circ$   $l_2 = 1,92$  м;  $l_1 = 3,33$  м, значит

$$\frac{C_{\text{пр}}^A}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{(3,33 + 1,92)^2}{3,33^2} = 3,48; \quad \frac{C_{\text{пр}}^B}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{3,33^2}{(3,33 + 1,92)^2} = 1,4;$$

3) при  $\alpha = 45^\circ$

$$\frac{C_{\text{пр}}^A}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{(2,70 + 1,92)^2}{2,70^2} = 3,92; \quad \frac{C_{\text{пр}}^B}{C_{\text{пр}}} = 1 + \frac{2,70^2}{(2,70 + 1,92)^2} = 1,34.$$

Как видно из численных примеров, погрешность зависит не только от замены той или иной подвески шарниром, но и от угла подъема стрелы, а точнее от вылета ее относительно подвески сжатия. С уменьшением вылета погрешность, в случае замены подвески сжатия шарниром, растет, а при замене подвески растяжения — уменьшается.

Приемлемость той или иной схемы для исследования динамики лесных машин может быть установлена в сопоставлении теоретических результатов с экспериментальными. К примеру рассмотрим процесс подъема бруствера стрелой формировщика плотов.

Таблица 1

Номер схемы	Расчетный период колебаний, с	Коэффициент затухания	Эксперимен- тальный период колебаний, с	Коэффициент динамичности	
				расчетный	экспери- ментальный
1	0,17	-0,575	0,26	1,12	1,18
	1,32	-0,02	1,36		
2	0,22	-0,286	0,26	1,21	1,18
	1,36	-0,022	1,36		
3	0,24	-0,248	0,26	1,24	1,18
	1,37	-0,022	1,36		

Примечание. Вес бруствера  $G_{\text{бр}} = 1600$  кгс;  $C'_{\text{бр}} = 4,5$  кгс/см;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $n_{\text{дв}} = 1200$  об/мин.

В табл. 1 приведены расчетные динамические параметры применительно к формировщику плотов, работающему в режиме подъема — опускания бруствера «с веса», вычисленные по различным схемам приведения жесткостей подвесок, и экспериментальные параметры, полученные в результате обработки осциллограммы натуральных испытаний. Как видно из таблицы, наиболее точный результат для формировщика плотов дают схемы 2 и 3, схема 1 дает заниженный результат. По ранее проведенным теоретическим и экспериментальным исследованиям динамики бесчokerных тракторов с пакетированием де-

реьев на трактор в режиме подъем (опускание) и подтаскивание деревьев или хлыстов в коник [1] установлено, что первая схема дает удовлетворительный результат. Это объясняется, прежде всего, тем, что при работе бесчокерных тракторов задняя подвеска базы деформируется от веса погружаемой пачки деревьев. Кроме того, экспериментальными исследованиями установлено, что и в случае отсутствия пачки деревьев на бесчокерной машине первая схема дает достаточно точный результат, если замедление элементов манипулятора находится в пределах, не превышающих  $\frac{v}{t} \leq 1,5-2$  м/с<sup>2</sup>. Во всех других случаях целесообразнее использовать схемы 2 или 3.

### Выводы

1. При замене одной из подвесок шарниром происходит завышение приведенной на конец стрелы жесткости по отношению к реальной схеме.
2. Величина завышения (при равных жесткостях подвесок А и В) зависит от вылета стрелы и расстояния между подвесками.
3. При замене подвески сжатия шарниром приведенная жесткость завышается больше, чем при замене подвески растяжения.
4. При исследовании переходных режимов работы бесчокерных тракторов и валочно-трелевочных машин манипуляторного типа схема 1 с заменой одной стороны подвески шарниром дает достаточно точный результат. Это связано, прежде всего, с небольшими скоростями движения элементов манипулятора и размещением пачки деревьев на машине в полупогруженном состоянии.
5. Переходные режимы работы валочно-паketирующих машин с укладыванием деревьев в пачки на землю и формировщиков плотов целесообразно исследовать по схеме 3.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров В. А. Исследование переходных процессов в лесосечных машинах манипуляторного типа. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1. [2]. Бурмак П. С. О математическом моделировании устойчивости ВПМ против опрокидывания. — «Труды ЦНИИМЭ», 1975, № 142. [3]. Ермольев В. П. Исследование колебаний шасси гусеничной машины при работе гидроманипулятора. — «Труды ЦНИИМЭ», 1973, № 132. [4]. Жуков В. Л., Смеян А. М. Исследование устойчивости челюстных погрузчиков с учетом гибкости пакета хлыстов. — В сб.: «Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. Вып. 1. Киев, 1973. [5]. Ивашкевич П. Н. Влияние жесткости гидросистем челюстных лесопогрузчиков на величину динамических нагрузок. — «Тракторы и сельхозмашины», 1970, № 10. [6]. Коган И. Я. О динамике строительных башенных кранов. В кн.: Вопросы теории и расчета ПТМ. Вып. 43. М.—Л., Машгиз, 1957.

Поступила 31 марта 1978 г.

УДК 539.3 : 674-412

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБА ХЛЫСТОВ ПРИ ТРЕЛЕВКЕ

Л. В. КОРОТЯЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Дано решение (в элементарных функциях) дифференциального уравнения изогнутой линии хлыста для случая трелевки в полупогруженном положении, приведены аналитические уравнения угла поворота сечений и прогиба хлыста и формула для определения вертикальной нагрузки на трелевочную машину от веса хлыста в функции высоты подъема переднего конца, жесткости хлыста и плотности древесины. Аналитические формулы и методика расчета параметров прогиба необходимы для конструирования технических средств трелевки.

Существенное различие лесорастительных зон нашей страны по крупности леса вызывает необходимость создания целой гаммы комплектов лесосечных машин, так как их оптимальные параметры в значительной степени определяются параметрами хлыстов и деревьев.

К числу важнейших параметров деревьев и хлыстов относится их прогиб под действием собственного веса и внешних сил. Вопрос исследования прогиба окончательного решения не получил. В наши цели входило получение аналитических формул для расчета величины прогиба хлыста и нагрузки на трелевочное средство в функции высоты подъема, размеров, жесткости хлыста и плотности древесины.

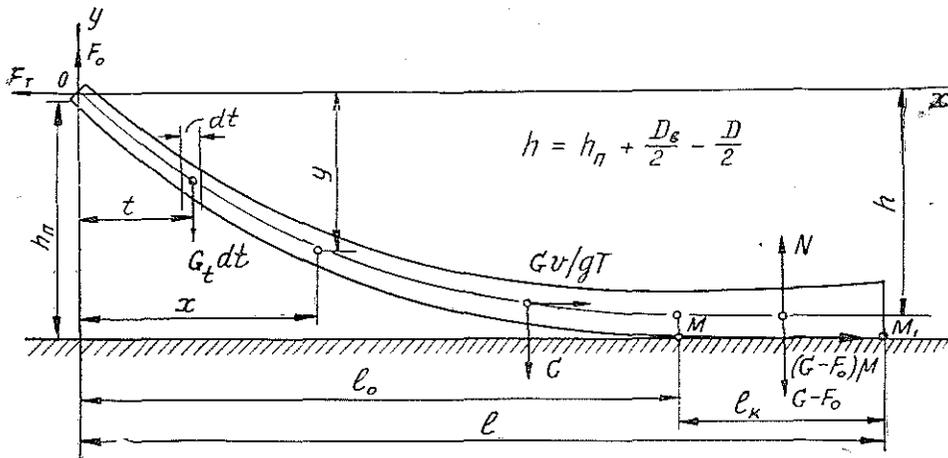


Рис. 1. Схема для расчета изгибающего момента и прогибов хлыста.

Перемещаемый хлыст рассматриваем как балку переменного сечения в форме усеченного конуса, шарнирно закрепленную одним (передним) концом и лежащую на опорной поверхности другим (задним) концом и прогнувшуюся под действием распределенной нагрузки от собственного веса, перемещающей силы и сопротивления движению (рис. 1). Применяем дифференциальное уравнение изогнутой оси балки

$$\frac{d^2y}{dx^2} = M_x/EI_x, \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости свежесрубленной неокоренной древесины при поперечном изгибе хлыста;

$I_x$  — переменный момент инерции поперечного сечения хлыста;

$x, y$  — абсцисса и ордината точки на оси хлыста;

$M_x$  — изгибающий момент в сечении с абсциссой  $x$ .

Момент инерции поперечного сечения хлыста

$$I_x = \pi D_x^4/64, \quad (2)$$

где  $D_x$  — диаметр поперечного сечения хлыста.

Изгибающий момент в сечении с абсциссой  $x$

$$M_x = F_0x - F_t y - \int_0^x G_t(x-t) dt, \quad (3)$$

где  $F_0$  — вертикальная реакция опоры (вертикальная нагрузка на трелевочное средство);

$F_t$  — сила, перемещающая хлыст;

$t$  — текущая абсцисса;

$G_t$  — распределенная нагрузка от веса хлыста;

$$G_t = m_t g = g \rho \pi D_t^2/4, \quad (4)$$

где  $m_t$  — переменная масса единицы длины хлыста;

$D_t$  — переменный диаметр поперечного сечения хлыста;

$g$  — ускорение свободного падения.

По данным исследований П. Б. Закревского [1], плотность неокоренной свежесрубленной древесины  $\rho$  у деревьев хвойных пород (ели и сосны) сильно меняется по длине ствола, возрастая от комля к вершине, т. е.  $\rho = \rho_x$ , а у деревьев лиственных пород (березы и осины) остается почти постоянной и равной средней плотности  $\rho = \rho_{cp}$ . Используя выражение (4), получим

$$M_x = F_0x - F_t y - \frac{\pi g}{4} \int_0^x D_t^2 \rho_t(x-t) dt. \quad (5)$$

Подставив выражения (2) и (5) в уравнение (1), получим

$$y'' = \frac{64}{\pi E D_x^4} \left[ F_0x - F_t y - \frac{\pi g}{4} \int_0^x D_t^2(x-t) \rho_t dt \right]. \quad (6)$$

Рассматриваемая задача является краевой с граничными условиями:

$$1) y|_{x=0} = 0; \quad 2) y|_{x=l_0} = -h; \quad y'|_{x=l_0} = 0; \quad M_x|_{x=l_0} = 0,$$

где  $l_0$  — длина приподнятой и прогнувшейся части хлыста;

$h$  — высота подъема переднего конца хлыста.

Сначала решаем это уравнение для условий статики ( $F_t = 0$ ) при подъеме хлыста за вершину. В этом случае диаметр сечения хлыста

$$D_x = D_b + ix \quad \text{и} \quad D_t = D_b + it,$$

где  $i$  — сбеги хлыста;

$$i = (D_{1,3} - D_b)/(l - 130);$$

$D_{1,3}$  — диаметр хлыста на расстоянии 1,3 м от комлевого среза;  
 $D_b$  — диаметр хлыста в верхнем отрубе;  
 $l$  — длина хлыста.

Приняв  $\rho_t = \rho_{cp}$ , после интегрирования уравнения (5) получим формулу изгибающего момента для хлыстов лиственных пород

$$M_x = F_0 x - \frac{\pi g \rho_{cp}}{48} (6D_b^2 + 4D_b i x + i^2 x^2) x^2. \quad (7)$$

Используя это выражение и дважды интегрируя (6) при  $x = (D_x - D_b)$ ;  $i$  и  $dx = \frac{dD_x}{i}$ , получим уравнение угла поворота поперечного сечения хлыстов березы и осины

$$y' = -\frac{64}{3\pi E i^2} \left( F_0 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{1}{D_x^2} - \frac{1}{D_b^2} \right) - D_b \left( \frac{1}{D_x^3} - \frac{1}{D_b^3} \right) \right] + \frac{\pi g \rho_{cp}}{16i} \left\{ D_b^3 \left[ 2 \left( \frac{1}{D_x^2} - \frac{1}{D_b^2} \right) - D_b \left( \frac{1}{D_x^3} - \frac{1}{D_b^3} \right) \right] - D_x + D_x^3 \right\} \right) \quad (8)$$

и уравнение их прогиба

$$y = \frac{32(D - D_x)^2}{3\pi E i^3 D^3 D_x^2} \left( F_0 \left[ 3DD_x - D_b(D + 2D_x) \right] - \frac{\pi g \rho_{cp}}{16i} \left\{ D^3 D_x^2 + D_b^3 \left[ D_b(D + 2D_x) - 4DD_x \right] \right\} \right) - h, \quad (9)$$

где  $D$  — диаметр хлыста в конце его прогнутой части;

$$D = D_b + i l_0.$$

Из формулы (9) при  $y = 0$  и  $D_x = D_b$  находим высоту подъема

$$h = \frac{32(D - D_b)^3}{3\pi E i^3 D_b D^3} \left[ 2F_0 - \frac{\pi g \rho_{cp}}{16i} D_b(D - D_b)(D + 2D_b) \right]. \quad (10)$$

Отсюда сила  $F_0$  в функции высоты подъема, жесткости и размеров хлыста

$$F_0 = \frac{\pi D_b}{64} \left[ \frac{3E i^3 h D^3}{(D - D_b)^3} + \frac{2g \rho_{cp}}{i} (D - D_b)(D + 2D_b) \right]. \quad (11)$$

Неизвестную величину  $D$  найдем из условия, что в конце изогнутой части хлыста (в опорной точке  $M$ ) изгибающий момент равен нулю. Тогда из выражения (7) при  $x = l_0$  и  $l_0 = (D - D_b)/i$

$$F_0 = \frac{\pi g \rho_{cp}}{48i} (D^3 + D^2 D_b + D D_b^2 - 3D_b^3). \quad (12)$$

Приравняв правые части уравнений (11) и (12), получим формулу для определения диаметра  $D$ :

$$D^5 - 3,5 D_b D^4 + 4 D_b^2 D^3 - \left( \frac{9E i^4 h}{4g \rho_{cp} D_b^2} + 1 \right) D_b^3 D^2 - D_b^4 D + 0,5 D_b^5 = 0. \quad (13)$$

Теперь решим уравнение (6) при  $F_t = 0$  и  $\rho = \rho_x$ .

Изменение плотности древесины по длине хлыста для сосны и ели П. Б. Закревский выразил параболической зависимостью

$$\rho_x = (A - Bx + Cx^2) \rho_{cp}, \quad (14)$$

где  $A = a_1 - a_2 + a_3$ ;  $B = (2a_3 - a_2)/l_d$ ;  $C = a_3/l_d^2$ ;  $l_d = l + l_b$ ;

$a_1, a_2, a_3$  — опытные коэффициенты [1];

$l_d, l_b$  — длина ствола дерева и отрубаемой тонкой верхинки.

Введя значение  $\rho_x$  из (14) с абсциссой  $i$  под знак интеграла в выражение (5) и учитывая значение  $D_i$ , после интегрирования получим уравнение изгибающих моментов для хлыстов хвойных пород

$$M_x = F_0 x - \frac{\pi g \rho_{cp}}{8} (\alpha + \beta x + \gamma x^2 - \delta x^3 + \Theta x^4) x^2, \quad (15)$$

в котором

$$\alpha = AD_B^2; \quad \beta = (2AD_B i - BD_B^2)/3; \quad \gamma = (Ai^2 - 2BD_B i + CD_B^2)/6; \\ \delta = (Bi^2 - 2CD_B i)/10; \quad \Theta = Ci^2/15.$$

Решая дифференциальное уравнение (6) и следуя изложенной выше методике, мы получили уравнение прогибов, а также формулы для определения нагрузки на трелевочное средство  $F_0$ , высоты подъема  $h$  и диаметра поперечного сечения в конце изогнутой части хлыста для ели и сосны при  $\rho = \rho_x$ :

$$y = \frac{64u^2}{\pi E i^3} \left( \frac{F_0}{z} \left( \frac{1}{2} - Q \right) - \frac{\pi g \rho_{cp}}{8i} \left\{ -a \left[ \frac{1}{u} \left( w + \frac{1}{D} \right) + \frac{D_B}{z} (1 - Q) \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + b \left[ \frac{1}{u} \left( \frac{3D_B + D_x}{w^{-1}} + 3 \frac{D_B}{D} + 1 \right) + \frac{D_B^2}{z} \left( \frac{3}{2} - Q \right) \right] + c \left[ \frac{1}{2} - \right. \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{2D_B}{u} \left( \frac{3D_B + 2D_x}{w^{-1}} + 3 \frac{D_B}{D} + 2 \right) - \frac{D_B^3}{z} (2 - Q) \right] - d \left[ \frac{D_x + 2D}{6} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{5D_B}{2z} + 10 \frac{D_B^2}{u} \left( \frac{D_B + D_x}{w^{-1}} + \frac{D_B}{D} + 1 \right) + \frac{D_B^4}{z} \left( \frac{5}{2} - Q \right) + f \left[ \frac{(D + D_x)^2 + 2D^2}{12} - \right. \right. \right. \\ \left. \left. - D_B (D_x + 2D) + \frac{15D_B^2}{2} - \frac{5D_B^3}{u} \left( \frac{3D_B + 4D_x}{w^{-1}} + 3 \frac{D_B}{D} + 4 \right) - \right. \right. \\ \left. \left. \left. - \frac{D_B^5}{z} (3 - Q) \right] \right] \right\} \right) - h, \quad (16)$$

где  $a = \alpha$ ;  $b = \beta/i$ ;  $c = \gamma/i^2$ ;  $d = \delta/i^2$ ;  $f = \Theta/i^4$ ;  $u = D - D_x$ ;  
 $z = D_x D^2$ ;  $w = \left( \ln \frac{D_x}{D} \right) / (D - D_x)$ ;  $Q = D_B (D + 2D_x) / 6D_x D$ .

$$F_0 = \frac{\pi g \rho_{cp}}{8} (\alpha + \beta x + \gamma x^2 - \delta x^3 + \Theta x^4) x, \quad (17)$$

где  $x = (D - D_B)/i$ .

$$F_0 = \frac{3\pi D_B D^3}{(D - D_B)^3} \left\{ \frac{E i^3 h}{64} + \frac{g \rho_{cp}}{8i} \left[ a \left( 3 \frac{D_B}{D} - \frac{3D_B^2}{2D^2} + \frac{D_B^3}{3D^3} - \right. \right. \right. \\ \left. \left. - \ln \frac{D_B}{D} - \frac{11}{6} \right) + b \left( D + 4D_B \ln \frac{D_B}{D} + 10 \frac{D_B}{3} - \frac{6D_B^2}{D} + \frac{2D_B^3}{D^2} - \frac{D_B^4}{3D^3} \right) + \right. \\ \left. + c \left( \frac{D^2}{2} - 5D_B D - 10D_B^2 \ln \frac{D_B}{D} - \frac{10D_B^2}{3} + \frac{10D_B^3}{D} - \frac{5D_B^4}{2D^2} + \frac{D_B^5}{3D^3} \right) - \right. \\ \left. - d \left( \frac{D^3}{3} - 3D_B D^2 + 15D_B^2 D + 20D_B^3 \ln \frac{D_B}{D} - 15 \frac{D_B^4}{D} + 3 \frac{D_B^5}{D^2} - \frac{D_B^6}{3D^3} \right) + \right. \\ \left. + f \left( \frac{D^4}{4} - \frac{7D_B D^3}{3} + \frac{21D_B^2 D^2}{2} - 35D_B^3 D - 35D_B^4 \ln \frac{D_B}{D} + \frac{35D_B^4}{4} + \right. \right. \\ \left. \left. + 21 \frac{D_B^5}{D} - \frac{7D_B^6}{2D^2} + \frac{D_B^7}{3D^3} \right) \right\}. \quad (18)$$

Из формул (16) и (18) нетрудно выразить  $h$ .

$$fD^7 - \left(d + \frac{35}{4} fD_b\right) D^6 + (c + 8dD_b + 35fD_b^2) D^5 + \left(b - \frac{15}{2} cD_b - 30dD_b^2 - \frac{175}{2} fD_b^3\right) D^4 + (a - 8bD_b + 30cD_b^2 + 80dD_b^3 + 175fD_b^4) D^3 + \left(\frac{3}{2} a - 10cD_b^2 - 35dD_b^3 - \frac{329}{4} fD_b^4 - \frac{3E^4h}{8g\rho_{cp}}\right) D_b D^2 + (3a - 12bD_b + 30cD_b^2 + 60dD_b^3 + 105fD_b^4) D_b D^2 \ln \frac{D_b}{D} - (3a - 8bD_b + 15cD_b^2 + 24dD_b^3 + 35fD_b^4) D_b^2 D + \left(\frac{a}{2} - bD_b + \frac{3}{2} cD_b^2 + 2dD_b^3 + \frac{5}{2} fD_b^4\right) D_b^3 = 0. \quad (19)$$

Определив диаметр  $D$ , можно по полученным аналитическим формулам найти силу  $F_0$ , а следовательно, и вертикальную нагрузку на трелевочное средство для любой высоты подъема  $h$ . Зная  $D$ , можно также вычислить ординаты прогиба хлыста, длину изогнутой его части и длину линии касания.

Сила  $F_0$  и стрела прогиба хлыста возрастают с увеличением высоты подъема  $h$  от нуля только до некоторого критического ее значения  $h_{кр}$  [2], при котором длина линии касания  $l_k$  становится равной нулю, а опорная поверхность касательна к кривой прогиба хлыста в комле (в точке  $M_1$ ). При  $h_{кр}$  сила подъема  $F_0$  и стрела прогиба, нормальная к хорде кривой прогиба, имеют максимальную величину, которая при дальнейшем увеличении  $h$  не меняется. Критическую высоту подъема, максимальную силу  $F_0$  и наибольший прогиб хлыста можно вычислить по формулам (9)–(12), (16)–(18) при  $l_0 = l$  и  $il + D_b \approx D_k$ .

Натурные замеры стрелы прогиба хлыстов в статике и в процессе перемещения их трактором по ровному, тщательно спланированному волоку показали, что максимальная стрела прогиба уменьшается лишь на несколько миллиметров, или на 1–3%. Поэтому определить аналитически вертикальную нагрузку от хлыста на трелевочное средство  $F_0$  для условий движения можно, исходя из уравнения (5) при  $y|_{x=l_0} = -h$  и  $M_x = 0$ .

При движении сила, перемещающая хлыст (рис. 1),

$$F_T = (G - F_0) \mu + \frac{Gv}{gT}, \quad (20)$$

где  $G$  — вес хлыста;

$\mu$  — коэффициент сопротивления сдвигу с места или волочению хлыстов;

$v$  — скорость перемещения хлыста или трелевочной машины;

$T$  — продолжительность изменения скорости.

Тогда для заданной высоты подъема  $h$  из формулы (5):

при  $\rho = \rho_{cp}$

$$F_0 = \left[ G \left( \mu + \frac{v}{gT} \right) \frac{h}{l_0} + \frac{\pi g \rho_{cp}}{48} \left( 6D_b^2 + 4D_b il_0 + i^2 l_0^2 \right) l_0 \right] : \left( 1 + \mu \frac{h}{l_0} \right); \quad (21)$$

при  $\rho = \rho_x$

$$F_0 = \left[ G \left( \mu + \frac{v}{gT} \right) \frac{h}{l_0} + \frac{\pi g \rho_{cp}}{8} (\alpha + \beta l_0 + \gamma l_0^2 - \delta l_0^3 + \theta l_0^4) l_0 \right] : \left( 1 + \mu \frac{h}{l_0} \right). \quad (22)$$

Диаметр  $D$ , с учетом небольшого уменьшения длины  $l_k$  при движении в сравнении с условиями статике, можно вычислять по формулам (13) и (19) для заданной высоты подъема  $h$ .

Найдя силу  $F_0$ , можно аналитическим путем с достаточной точностью определить долю веса хлыста, приходящуюся на трелевочную машину при ее движении, а также рассчитать все остальные параметры прогиба по формулам, полученным для условий статики.

При подъеме и перемещении хлыста за комель  $D_x = D_k - ix$  (где  $D_k$  — диаметр комлевого среза хлыста,  $D_k = D_{1,3} + 130 \frac{D_{1,3} - D_B}{l - 130}$ ), и в расчетные формулы вместо  $D_k$  следует вводить  $D_x$ . В формулах (7), (21) и (22) перед вторым слагаемым в круглых скобках будет знак минус, в формулах (15) — (19) перед коэффициентами  $\beta$  и  $b$  — также минус.

$$\alpha = AD_k^2; \quad \beta = (2AD_k i + BD_k^2)/3; \quad \gamma = (Ai^2 + 2BD_k i + CD_k^2)/6; \\ \delta = (Bi^2 + 2CD_k i)/10; \quad \theta = Ci^2/15; \quad d = -\delta/i^3.$$

Для установления значения условного модуля упругости и пригодности аналитических формул для практического применения мы замерыли статический прогиб хлыстов разных пород и размеров при подъеме за вершину и за комель и выразили кривую прогиба уравнением кубической параболы, выбранным методом наименьших квадратов:

$$y = px - qx^2 + rx^3. \quad (23)$$

В уравнении (23)  $x$  — в метрах,  $y$  — в сантиметрах.

Кривая прогиба хлыста хорошо выражается также уравнением квадратной параболы

$$y = px - qx^2, \quad (24)$$

по которому проще, хотя и с меньшей точностью, можно вычислять как ординаты прогиба, так и (по производной) длину изогнутой части хлыста.

В лесонасаждениях Европейского Севера преобладает ель со средним диаметром дерева  $D_{1,3} = 20$  см, а хлысты трелюют вершиной вперед. Поэтому для оценки аналитических формул приводим опытные значения коэффициентов  $p, q, r$  уравнений (23) и (24) только для еловых хлыстов основного, III разряда, диаметром  $D_{1,3} = 20$  см и длиной  $l = 15,4$  м при подъеме за вершину, полученные нами при обмене 23 хлыстов в Северном, Няндомском и Митинском леспромхозах (табл. 1).

Таблица 1

h м	Кубическая парабола			Квадратная парабола	
	p	q	r	p	q
1,0	18,06	1,24	0,03	15,94	0,685
1,5	23,43	1,357	0,02908	20,4	0,7265
1,6	24,04	1,35	0,02815	21,72	0,7865

Расхождение вычисленных по опытному уравнению (23) и измеренных в натуре ординат прогиба хлыстов не превышает 0,009 h.

Продифференцировав дважды уравнение (23) и подставив полученные значения первой и второй производных, а также значение изгибающего момента  $M_x$  в полное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки

$$y'' = M_x \sqrt{[1 + (y')^2]^3} / EI_x, \quad (25)$$

мы определили жесткость хлыстов и условный модуль упругости (табл. 2, в ней  $EI_x$  в  $10^5$  Па·м<sup>4</sup>,  $E$  в  $10^2$  МПа).

Таблица 2

x м	$EI_x$ при $h_{II}$ м		E при $h_{II}$ м	
	1,0	1,5	1,0	1,5
2,4	0,84	0,90	206	220
4,4	1,65	1,82	152	170
6,4	2,68	2,81	144	150
8,4	3,98	4,06	142	145
10,4	5,93	5,66	142	135
12,4	8,37	8,36	143	143
14,4	—	14,60	—	168
14,7	—	17,50	—	180

Исследования показывают, что жесткость хлыста параболически растет от вершины к комлю, а условный модуль упругости на большем протяжении хлыста меняется немного, составляя в среднем  $145 \cdot 10^2$  МПа при  $h_{II} = 1$  м и  $156 \cdot 10^2$  МПа при  $h_{II} = 1,5$  ( $h_{II}$  — высота подъема переднего конца хлыста над уровнем земли).

Таблица 3

Значения	$h_{II} = 1,0$ м			$h_{II} = 1,6$ м		
	D см	h см	$F_0$ Н	D см	h см	$F_0$ Н
Аналитические	19,89	93,5	690	23,6	152,4	840
Опытные	19,4	93,4	270	22,6	152,2	870
Разница, %	2,0	0,1	4,2	4,4	0	3,4

Используя полученные значения модуля упругости, мы для условий статики вычислили по аналитическим формулам  $D$ ,  $h$ ,  $F_0$  и ординаты прогиба хлыста диаметром  $D_{1,3} = 20$  см, длиной 15,4 м и весом  $G = 2114$  Н при подъеме за вершину ( $D_v = 6,8$  см при  $h_{II} = 1$  м и  $D_v = 6,3$  см при  $h_{II} = 1,6$  м).

Сравнение аналитических значений параметров прогиба с опытными приведено в табл. 3 и показано на рис. 2.

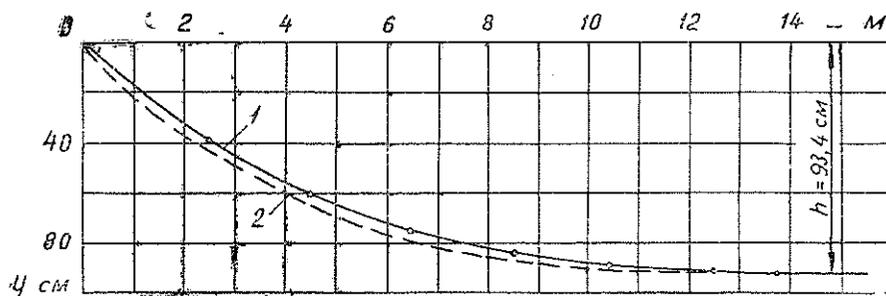


Рис. 2. Графики прогиба хлыста.

1 — опытный; 2 — аналитический.

Сравнение подтверждает правильность наших теоретических исследований. Сила  $F_0$ , вычисленная по формуле (22) для условий перемещения того же хлыста при  $h_n = 1,6$  м, равна 890 Н.

Доля веса хлыста, приходящаяся на трелевочную машину, при  $G = 2114$  Н и  $h_n = 1,6$  м составила 0,4 для условий статики и 0,42 для условий движения.

Результаты исследований распространяются и на трелеваемую пачку хлыстов, поскольку хлысты в пачке обычно располагаются в виде веера и ее средняя жесткость определяется в основном жесткостью среднего хлыста в ней.

Методика аналитического расчета параметров прогиба хлыста рекомендуется для использования при конструировании трелевочной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Закревский П. Б. Изменение объемного веса ствола и кроны растущих деревьев по высоте. — «Труды ЦНИИМЭ. Вопросы технологии и механизации лесосечных работ». Химки, 1972, № 123, с. 92—102. [2]. Коротяев Л. В. О взаимосвязи усилия и высоты подъема деревьев и хлыстов за вершины при трелевке. — «Труды АЛТИ. Исследования по механизации лесоразработок и транспорту леса». 1972, № 33.

Поступила 20 марта 1978 г.

Поправка к статье Л. В. Коротяева. «Исследование жесткости хлыстов», помещенной в «Лесном журнале» № 1 за 1978 г.

На странице 49 в строках 9 и 10 снизу напечатано: «...хлыста: когда... комель хлыста или вершина»; должно быть: «...хлыста: а) когда... комель хлыста или б) вершина».

УДК 634.0.372

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ ОДНОПРОЛЕТНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПОДТЯГИВАНИИ ГРУЗА СО СТОРОНЫ

И. И. СЛЕПКО, Н. Г. АДАМОВСКИЙ

Хмельницкий технологический институт

Львовский лесотехнический институт

Приводятся аналитические выражения для определения усилий, действующих на несущий канат со стороны тягового. Усилия в канате определены с учетом податливости опор.

Несущие канаты подвесных канатных дорог временного действия, применяемые для транспортировки леса в горных условиях, в отличие от несущих канатов стационарных подвесных дорог, подвешивают на растущих деревьях и закрепляют по концам за естественные (в виде пней) или искусственные якоря, отличающиеся большой податливостью. В расчетной схеме такие канаты принято рассматривать как гибкие нити с малыми стрелками, жестко закрепленные по концам.

Для большинства типов подвесных лесотранспортных канатных установок одним из характерных этапов процесса транспортировки древесины является подтаскивание хлыстов со стороны к трассе установки.

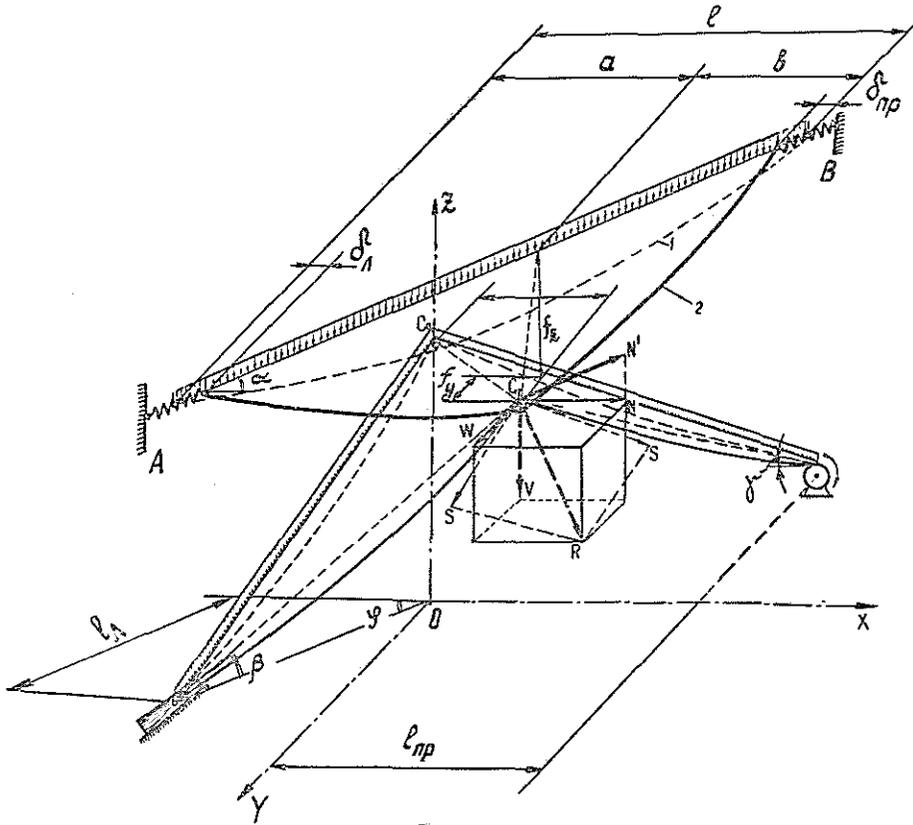


Рис. 1. Схема работы однопролетной установки при подтягивании груза со стороны.

Усилия, возникающие в несущем канате многопролетной подвешенной канатной лесотранспортной установки при подтягивании груза в плоскости его провеса, исследованы в работе [5].

Данная статья посвящена исследованию усилий в несущем канате однопролетной установки с закрепленными концами при подтягивании груза со стороны в предположении, что концевые опоры упруго-податливые. Рассмотрим нить с опорами, расположенными на разных уровнях, первоначальное (монтажное) натяжение которой равно  $T_0$  (рис. 1, кривая 1). В процессе подтягивания груза со стороны на трассе установки усилия, возникающие в тяговом канате, передаются через блок грузовой каретки на несущий канат (рис. 1, кривая 2).

Разложим силы, действующие со стороны тягового каната на блок

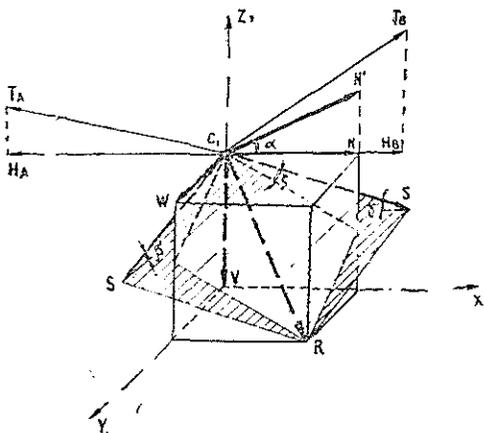


Рис. 2. Схема сил, действующих на блок грузовой каретки при подтягивании груза со стороны.

грузовой каретки, на три составляющие: вертикальную —  $V$ , параллельную хорде пролета —  $N'$  и в направлении оси  $y$  силу  $W$  (рис. 2).

$$\left. \begin{aligned} V &= G + S [(\sin \beta' + \sin \gamma') + (\cos \gamma' - \cos \beta' \cos \varphi) \operatorname{tg} \alpha]; \\ N' &= S (\cos \gamma' - \cos \beta' \cos \varphi) \frac{1}{\cos \alpha}; \\ W &= S \cos \beta' \sin \varphi, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $S$  — натяжение тягового каната;

$\beta'$ ,  $\gamma'$  — углы наклона ветвей тягового каната на блоке грузовой каретки к горизонту; определяются по выражениям, приведенным в работе [5];

$\alpha$  — угол наклона хорды пролета к горизонту;

$\varphi$  — горизонтальная проекция угла подтаскивания груза;

$G$  — сила, действующая на блок грузовой каретки от веса тягового каната,

$$G = \frac{g'}{2} \left( \frac{l_n}{\cos \beta} + \frac{l_{np}}{\cos \gamma} \right), \quad (2)$$

где  $g'$  — вес 1 пог. м тягового (грузового) каната;

$l_n$ ,  $l_{np}$  — соответственно расстояния по горизонтали от каретки до груза и лебедки (направляющего блока);

$\beta$  и  $\gamma$  — углы наклона хорд ветвей тягового каната к горизонту.

В процессе подтягивания груза углы  $\beta$  и  $\gamma$  изменяются, значительно изменяется также величина угла  $\varphi$ , а между плоскостью  $Z_1O_1X_1$  и плоскостью провеса правой ветви тягового каната образуется угол  $\zeta$ .

При определении натяжения несущего каната с жестко закрепленными концами и его провеса необходимо рассматривать три стороны задачи: статическую, геометрическую и физическую [1]. Из статической задачи

$$H_A = H_B + N, \quad (3)$$

где

$$N = N' \cos \alpha = S (\cos \gamma' - \cos \beta' \cos \varphi),$$

$H_A$ ,  $H_B$  — горизонтальные составляющие натяжений несущего каната (соответственно левой и правой его ветвей).

Рассматривая геометрическую задачу, получим

$$\Delta L = L_1 - L_0, \quad (4)$$

где  $\Delta L$  — абсолютное удлинение каната;

$L_0$ ,  $L_1$  — длина каната первоначальная и после его загрузки.

При расположении опор на разных уровнях длина пространственной нити в пролете равна [3]

$$L = \frac{l}{\cos \alpha} + \frac{\cos^3 \alpha}{2H^2} \int_0^l Q_z^2 dx + \frac{1}{2H^2} \int_0^l Q_y^2 dx, \quad (5)$$

где  $Q_y$  и  $Q_z$  — поперечные силы в сечении простой балки, нагруженной как канат.

Монтажная длина нити

$$L_0 = \frac{l}{\cos \alpha} + \frac{\cos^3 \alpha}{24H_0^3} g^2 l^3, \quad (6)$$

где  $g$  — вес 1 пог. м несущего каната.

Длину нити под нагрузкой определим как сумму длин отдельных участков:

$$L_1 = L_a + L_b, \quad (7)$$

где  $L_a$  и  $L_b$  — длина нити на участках  $a$  и  $b$ .

Исходя из выражения (5), получим

$$\left. \begin{aligned} L_a &= \frac{a + \delta - \delta_n}{\cos \alpha} + \frac{1}{2H_A^2} \left[ \cos^3 \alpha \int_0^a Q_{az}^2 dx + \int_0^a Q_{ay}^2 dx \right]; \\ L_b &= \frac{b - \delta - \delta_{np}}{\cos \alpha} + \frac{1}{2H_B^2} \left[ \cos^3 \alpha \int_a^l Q_{bz}^2 dx + \int_a^l Q_{by}^2 dx \right], \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $\delta$  — смещение точки  $C_0$  по оси  $x$ ;

$\delta_n, \delta_{np}$  — податливость конечных опор;

$Q_{ay}, Q_{by}$  — поперечные силы в простой балке пролетом  $l$ , нагруженной аналогично канату силами в направлении оси  $y$ ;

$Q_{az}, Q_{bz}$  — поперечные силы в простой балке, нагруженной аналогично канату в вертикальной плоскости  $XOZ$ .

На основании выражений (4), (6), (7), (8) получим

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{1}{2H_A^2} \left[ \cos^3 \alpha \int_0^a Q_{az}^2 dx + \int_0^a Q_{ay}^2 dx \right] + \frac{1}{2H_B^2} \left[ \cos^3 \alpha \int_a^l Q_{bz}^2 dx + \right. \\ &\quad \left. + \int_a^l Q_{by}^2 dx \right] - \frac{g^2 l^3}{24H_0^2} \cos^3 \alpha - \frac{\delta_n + \delta_{np}}{\cos \alpha}. \end{aligned} \quad (9)$$

Исходя из физической задачи, абсолютное удлинение каната без учета влияния приращения температуры

$$\Delta L = \frac{(H_A - H_0) a}{EF \cos^2 \alpha} + \frac{(H_B - H_0) b}{EF \cos^2 \alpha} \quad (10)$$

или с учетом выражения (3)

$$\Delta L = \frac{(H_A - H_0) l}{EF \cos^2 \alpha} - \frac{N(l-a)}{EF \cos^2 \alpha}, \quad (11)$$

где  $EF$  — продольная жесткость каната как агрегата.

Предполагая, что опоры упруго-податливые, т. е. что

$$\delta_i = k_i (H - H_0), \quad (12)$$

где  $k_i$  — коэффициент податливости  $i$ -той опоры, получим

$$\delta_n + \delta_{np} = k (H_A - H_0) - k_n N; \quad (13)$$

$k$  — коэффициент податливости конечных опор

$$k = k_n + k_{np};$$

$k_n, k_{np}$  — коэффициенты податливости соответственно левой и правой опор.

На основании синтеза трех задач получим уравнение общего состояния каната при подтаскивании груза со стороны к трассе установки.

$$\frac{H_A - H_0}{\cos \alpha} \frac{l/\cos \alpha}{E_{np}F} - \frac{N}{\cos \alpha} \frac{b/\cos \alpha}{E_{np}F} = \frac{1}{2H_A^2} \left[ A_a + \frac{A_b}{\left(1 - \frac{N}{H_A}\right)^2} \right] - \frac{A_0 \cos^3 \alpha}{2H_0^2}, \quad (14)$$

где  $E_{np}$  — условный приведенный модуль упругости системы несущий канат — опоры [2];  
 $A_a, A_b, A_0$  — грузовые факторы, величины которых зависят от схемы загрузки несущего каната,

$$\left. \begin{aligned} A_a &= \int_0^a Q_{ay}^2 dx + \cos^3 \alpha \int_0^a Q_{az}^2 dx; \\ A_b &= \int_a^l Q_{by}^2 dx + \cos^3 \alpha \int_a^l Q_{bz}^2 dx; \\ A_0 &= \int_0^l Q_0^2 dx. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Натяжение каната зависит от положения грузовой каретки в пролете, и максимальному осевому усилию, возникающему в канате, соответствует положение груза, при котором величина грузового фактора

$$A_a + \frac{A_b}{\left(1 - \frac{N}{H_A}\right)^2} \text{ максимальна.}$$

Предполагая, что максимальному значению грузового фактора соответствует положение каретки посередине пролета, т. е., что  $a_{эп} = \frac{l}{2}$ , на основании (15), используя принцип суперпозиции [6], получим выражения для определения величины грузовых факторов при подтягивании груза со стороны:

$$\begin{aligned} A_a &= \frac{g^2 l^3}{24} \cos \alpha + \frac{V^2 l}{8} \cos^3 \alpha + \frac{N^2 (f_z^2 \cos^3 \alpha + f_y^2)}{2l} + \\ &+ \frac{gl}{4} N f_z \cos^2 \alpha + \frac{gl^2 V}{8} \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} V N f_z \cos^3 \alpha + \frac{W^2 l}{8} + \frac{1}{2} W N f_y; \\ A_b &= \frac{g^2 l^3}{24} \cos \alpha + \frac{V^2 l}{8} \cos^3 \alpha + \frac{N^2 (f_z^2 \cos^3 \alpha + f_y^2)}{2l} - \\ &- \frac{gl}{4} N f_z \cos^2 \alpha + \frac{gl^2 V}{8} \cos^2 \alpha - \frac{1}{2} V N f_z \cos^3 \alpha + \frac{W^2 l}{8} + \frac{1}{2} W N f_y; \\ A_0 &= \frac{g^2 l^3}{24} \cos \alpha, \end{aligned}$$

где  $f_y$  и  $f_z$  — максимальные прогибы несущего каната в направлении осей  $y$  и  $z$ .

Если учесть, что для однопролетной нити  $H_A \approx T_A \cos \alpha$  и  $H_B \approx T_B \cos \alpha$ , где  $T_A$  и  $T_B$  — натяжения каната, согласно [5], получим

$$\left. \begin{aligned} f_z &= \frac{M_6^{\text{вер}}}{\left(1 - \frac{N}{H_A} \frac{a}{l}\right) H_A}; \\ f_y &= \frac{M_6^{\text{гор}}}{\left(1 - \frac{N}{H_A} \frac{a}{l}\right) H_A}, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

здесь  $M_6^{\text{вер}}$  и  $M_6^{\text{гор}}$  — изгибающие моменты в простой балке, нагруженной аналогично канату соответственно вертикальной и горизонтальной нагрузками.

Подставляя соответствующие значения и решая уравнения (14) относительно  $H_A$ , получим полное кубическое уравнение общего состояния каната

$$\begin{aligned} H_A^3 - H_A^2 \left[ H_0 + \frac{N}{2} - \frac{E_{\text{пр}} F \cos^3 \alpha}{2l} \left( \frac{A_0}{H_0^2} - \frac{A_a}{N^2} \right) \right] + \\ + H_A \frac{A_a}{N} \frac{E_{\text{пр}} F \cos^3 \alpha}{l} - \frac{E_{\text{пр}} F \cos^3 \alpha}{2l} A_1 = 0, \end{aligned} \quad (17)$$

где

$$A_1 = A_a + A_b.$$

Если в уравнении (17) принять  $W = 0$ ;  $N = 0$ , то получим известное кубическое уравнение общего состояния каната [1, 2].

Уравнение (17) можно решить аналитическим или графо-аналитическим методом [4]. Действительное натяжение каната

$$T_A = \sqrt{A^2 + H_A^2} = \sqrt{(A_6^{\text{гор}})^2 + (A_6^{\text{вер}})^2 + H_A^2}, \quad (18)$$

где  $A_6^{\text{гор}}$ ,  $A_6^{\text{вер}}$  — реакции простой балки, загруженной аналогично канату соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Условие прочности каната при растяжении имеет вид:

$$n = \frac{T_p}{T_A} \geq [n],$$

здесь  $T_p$  — разрывное усилие каната по ГОСТу;

$[n]$  — допускаемый коэффициент запаса прочности.

Полученные уравнения (17) и (18) позволяют определить действительное натяжение несущего каната при подтягивании груза со стороны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белая Н. М. Основы расчета несущих канатов. — В сб.: Стальные канаты. Киев, «Техника», 1965. [2]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования. — В сб.: Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах. Ужгород, «Карпаты», 1969. [3]. Качурич В. К. Теория висящих систем. Л.—М., Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. [4]. Мартынихин В. Д. Графо-аналитический расчет натяжения несущих канатов. — «Лесная промышленность», 1971, № 8. [5]. Сленко И. И., Адамовский Н. Г. Исследование усилий в несущем канате многопролетной установки при подтягивании груза в плоскости его провеса и стопорении. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 4. [6]. Сленко И. И., Пустовойтов А. А. Метод расчета несущего каната однопролетной установки с произвольным числом грузов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4.

УДК 625.11

## О ВЕЛИЧИНЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ В ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРЯЖЕННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПУТИ ПОСЛЕ ЕГО ВЫБРОСА

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложена методика определения остаточной силы, действующей в температурно-напряженном железнодорожном пути после его выброса.

Искривление пути после потери устойчивости вызывает уменьшение температурной сжимающей силы в зоне выброса до некоторой величины, которую назовем остаточной силой. Нами были определены значения этой силы по результатам испытаний на стенде участка узкоколейного (750 мм) пути, уложенного рельсами Р24, балласт песчаный, шпалы деревянные II типа. Длина участка 48 м. Перемещение концов сечений ограничено бетонными упорами, поэтому при нагревании рельсов сжимающая сила до момента потери устойчивости пропорциональна температуре  $\Delta t$ :

$$P = E\alpha\omega\Delta t, \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости стали ( $E = 2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);  
 $\alpha$  — коэффициент температурного расширения ( $\alpha = 12,5$  см/град);  
 $\omega$  — удвоенная площадь рельсов (для Р24  $\omega = 65,4$  см<sup>2</sup>).

Нагрев производили до наступления потери устойчивости и замеры форму оси пути после выброса. Зная продольную силу  $P$  на момент выброса и искривление оси пути после выброса, можно определить остаточную силу.

Как известно, удлинение оси пути

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l y'^2 dx, \quad (2)$$

где  $y$  — прогиб оси пути.

Тогда падение продольного усилия

$$P_{\text{п}} = \frac{E\omega\Delta l}{l} \quad (3)$$

и остаточная продольная сила

$$P_0 = P - P_{\text{п}} = E\omega \left( \alpha\Delta t - \frac{\Delta l}{l} \right), \quad (4)$$

где  $P$  — температурная сила на момент выброса.

При определении  $\Delta l$  нами рассмотрены два способа аппроксимации прогибов: синусоидами и рядом Фурье. Рассмотрим эти способы.

Аппроксимация синусоидами. Изогнутую ось пути после выброса (рис. 1) разбивали на отдельные участки, расположенные между точками перегиба кривой прогибов. Положение точек перегиба определяли методами численного дифференцирования:

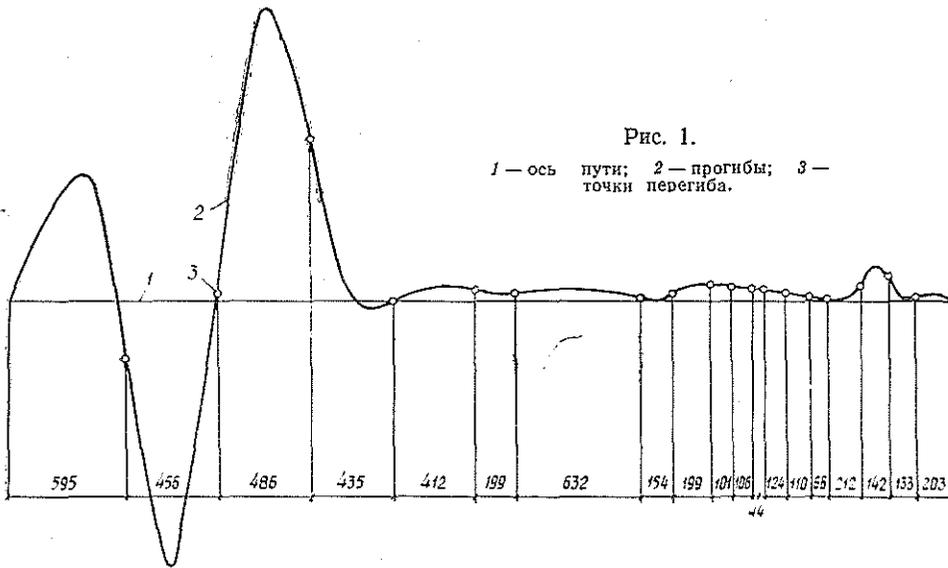


Рис. 1.

1 — ось пути; 2 — прогибы; 3 — точки перегиба.

$$y_i^*(x) = \frac{1}{h^2} (y_{i+1} + 2y_i - y_{i-1}). \quad (5)$$

В пределах каждого участка изогнутую ось пути аппроксимировали уравнением

$$y = a_i + b_i(x - l_i) + f_i \sin \frac{\pi}{x_{0i}} (x - l_i), \quad (6)$$

где  $a_i$  — ордината левой точки перегиба;  
 $b_i$  — угловой коэффициент;  
 $l_i$  — абсцисса левой точки перегиба;  
 $f_i$  — стрела прогиба синусоиды;  
 $x_{0i}$  — длина участка.

Удлинение участка находили по формуле (2):

$$\Delta l_i = \frac{1}{2} \left( b_i^2 x_{0i} + \frac{f_i^2 \pi^2}{2x_{0i}} \right), \quad (7)$$

а полное удлинение — как сумму удлинений участков

$$\Delta l = \Sigma \Delta l_i = \frac{1}{2} \left( \Sigma b_i^2 x_{0i} + \Sigma \frac{f_i^2 \pi^2}{2x_{0i}} \right). \quad (8)$$

Поскольку

$$b_i = (a_{i+1} - a_i); \quad x_{0i} = \frac{\Delta a_i}{x_{0i}},$$

то, преобразовывая, получим

$$\Delta l = \frac{1}{2} \Sigma \frac{1}{x_{0i}} \left( \Delta a_i + \frac{\pi^2}{2} f_i^2 \right). \quad (9)$$

Результаты вычисления  $\Delta l$  по этому методу для случая, показанного на рис. 1 (опыт № 15), приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер участка	$l_i$ см	$x_{0i}$ см	$\Delta a_i$ см	$f_i$ см	$\Delta l_i$ см	Примечание
1	0	595	2,8	8,7	0,3175	Зона выброса
2	595	456	2,3	12,1	0,7980	
3	1051	486	7,8	11,0	0,6785	
4	1530	435	8,2	3,4	0,1428	
5	1965	412	0,5	0,3	0,0008	Прилегающий участок
6	2377	199	0,1	0,2	0,0005	
7	2576	632	0,3	0,25	0,0003	
8	3208	154	0,2	0,4	0,0027	
9	3362	199	0,6	0,35	0,0024	
10	3561	559	0,7	0,2	0,0006	
11	4120	212	0,7	0,5	0,0041	
12	4322	142	0,6	1,2	0,0263	
13	4467	133	1,2	0,5	0,0100	
14	4598	203	0,1	0,2	0,0005	

Суммируя  $\Delta l_i$ , находим  $\Delta l = 1,9850$  см, отсюда по формуле (4)  $P_0 = 17,5$  тс.

Данные табл. 1 показывают, что основное удлинение оси пути (и, соответственно, основное падение сжимающего усилия) происходит в зоне выброса, где  $\Delta l = 1,9368$  см. На прилегающем участке  $\Delta l = 0,0482$  см, что составляет 2,5% от всего удлинения.

Аппроксимация рядом Фурье. Разложим кривую прогибов в ряд Фурье

$$y = \sum b_i \sin \beta_i x, \quad (10)$$

где  $\beta_i$  — коэффициенты ряда;

$$\beta_i = \frac{i\pi}{l}.$$

Применение уравнения (10) для определения  $\Delta l$  показало (на примере опыта № 15), что разложение прогибов по всей длине участка, испытанного на стенде, не дает удовлетворительного результата, вследствие невысокого приближения ряда к исходной кривой. Если, однако, рассмотреть участок пути только в зоне выброса, где происходит основное падение сжимающей силы, то степень приближения ряда Фурье к исходной кривой будет высока. В этом случае  $\Delta l$  определяется достаточно точно.

Таблица 2

Номер опыта	Характеристика зоны выброса			Длина рельса, м	$\Delta l$ см	Сжимающая сила, тс		
	Количество волн	Общая длина, м	Стрела прогиба, см			$P$	$P_{II}$	$P_0$
5	5	28	12,5	8	1,110	44,7	37,1	7,6
6	3	12	15,0	8	1,528	52,5	43,6	8,9
7	3	16	19,5	8	1,391	68,8	36,6	32,2
8	3	16	20,0	8	1,522	68,8	43,5	18,3
9	3	16	21,5	16	1,662	63,7	47,5	16,2
10	5	12	16,0	16	1,080	51,4	30,9	20,5
13	3	13	22,5	48	1,920	63,8	54,9	8,9
14	2	16	16,0	48	1,914	65,3	54,6	10,7
15	2	18	17,4	48	1,913	71,6	54,6	17,0
17	5	24	26,0	48	2,236	79,4	64,9	14,5
18	3	14	17,0	48	1,820	76,3	52,0	24,3
19	5	24	18,5	48	2,125	80,5	60,7	19,8

Результаты расчетов с помощью ряда Фурье для нескольких опытов приведены в табл. 2 (определяли удлинение оси пути только в зоне выброса).

Значения  $P_0$ , найденные первым и вторым способом, практически совпадают (это видно на примере опыта № 15). Остаточную силу, однако, удобнее вычислять вторым способом (он легко поддается программированию на ЭВМ).

Так как  $P_0$  — сила, удерживающая искривленный после выброса участок пути в состоянии равновесия, то данные табл. 2 позволяют сделать одно существенное замечание. Оно относится к методам расчета температурно-напряженного пути, базирующимся на изучении его устойчивости после выброса [2]. Расчетные формулы, полученные различными авторами (М. А. Мартине, М. Нумата, Э. Немешди и др.), можно записать в следующем общем виде:

$$P_0 = \sqrt{\eta \frac{qEI}{f}}, \quad (11)$$

где  $\eta$  — коэффициент, зависящий от формы искривленного участка пути (для трех- и пятиволнового изгиба  $\eta = 10 \div 12$ );

$q$  — погонное сопротивление поперечному перемещению сечений пути;

$f$  — стрела прогиба средней волны после выброса.

Значения  $P_0$ , вычисленные по уравнению (11), существенно расходятся с опытными данными, приведенными в табл. 2. Это объясняется тем, что в процессе выброса имеет место сложное пространственное искривление рельсо-шпальной решетки [1]. Сопротивление балласта поперечному перемещению шпал изменяется в широких пределах и не соответствует значениям, полученным в опытах по поперечному сдвигу шпал.

Представление о величине среднего погонного сопротивления на момент окончания выброса можно получить по данным табл. 3 (величина  $q$  найдена из уравнения (11) для значений  $P_0$ , приведенных в табл. 2).

Таблица 3

Номер опыта	$q_{\text{ср}}$ кгс/см	Номер опыта	$q_{\text{ср}}$ кгс/см
5	0,543	13	0,465
6	0,306	14	0,477
7	5,25	15	1,31
8	1,68	17	1,41
9	1,47	18	2,61
10	1,74		

Максимальная величина погонного сопротивления, определенная из опытов по поперечному сдвигу ненагруженных шпал, составляет 1,8 кгс/см. В тех случаях, когда  $q_{\text{ср}} > q_{\text{max}}$ , имеет место подъем шпал в процессе выброса. При  $q_{\text{ср}} < q_{\text{max}}$ , наоборот, происходит заглубление шпал (опыты № 7 и 18). Расчетным методом трудно определить характер перемещения шпал в вертикальной плоскости, поэтому применение методов, основанных на использовании формулы (11), может привести к большим погрешностям.

Таким образом, использование расчетных методов, основанных на изучении равновесия участка пути после выброса, не обеспечивает необходимой достоверности расчетов и не может быть рекомендовано

для практического применения. Более перспективны методы, рассматривающие продольно-поперечные перемещения рельсо-шпальной решетки до момента выброса, когда вертикальные перемещения сечений малы или вообще отсутствуют.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бромберг Е. М. Экспериментальное изучение устойчивости бесстыкового пути. — «Труды ВНИИЖТ». М., 1962, вып. 244, с. 150. [2]. Першин С. И. Методы расчета устойчивости бесстыкового пути. — «Труды МИИТ». М., 1962, вып. 147, с. 28—68.

Поступила 18 мая 1978 г.

УДК 656.62.001.24

### РАСЧЕТ СИГАРООБРАЗНОГО ПЛОТА ПО ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗГИБЕ

С. В. ГУЛИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрено определение положения нейтральной оси плота, усилия в нижнем лежне и прогиба плота. При теоретических исследованиях используется известная зависимость расчета балок по деформации.

Сигарный плот — гибкое анизотропное плавающее тело, деформации которого следуют за изменением поверхности воды. Плот представляет собою сочетание двух различных по механическим характеристикам материалов — стальных канатов и древесины (бревен) — для совместной работы в конструкции как единого целого. Крепление плота состоит из стальных канатов: поперечных обвязок и продольных лежней. Между телом плота и его креплением по всей длине нет надежного сцепления, возможны относительные смещения. Условие совместной работы крепления и тела плота — закрепление концов лежней за торцы плота и способность лежней и плота принимать форму, соответствующую нагрузкам.

Анизотропность плота по-разному сказывается на работе крепления. Так, при колебаниях плота на волне усилия в поперечных обвязках постепенно уменьшаются по сравнению с первоначальным натяжением, за счет уплотнения бревен. В продольном креплении, наоборот, усилия увеличиваются. Поэтому наибольший интерес представляет решение задачи по определению усилий в продольном креплении, которое состоит из нижнего, верхнего и бортовых лежней (рис. 1).

При расчете плота по деформации используется зависимость следующего вида [3]:

$$\frac{1}{\rho_0} = \frac{M_{II}}{B}, \quad (1)$$

где  $M_{II}$  — изгибающий момент;

$\rho_0$  — радиус кривизны нейтральной оси плота;

$B$  — жесткость плота при изгибе.

Для решения уравнения (1) рассмотрим силы, действующие на плот при различных его положениях на поверхности воды.

На рис. 1, а показан плот, находящийся на спокойной воде. Вес и сила поддержания равны и распределены равномерно по длине. Рав-

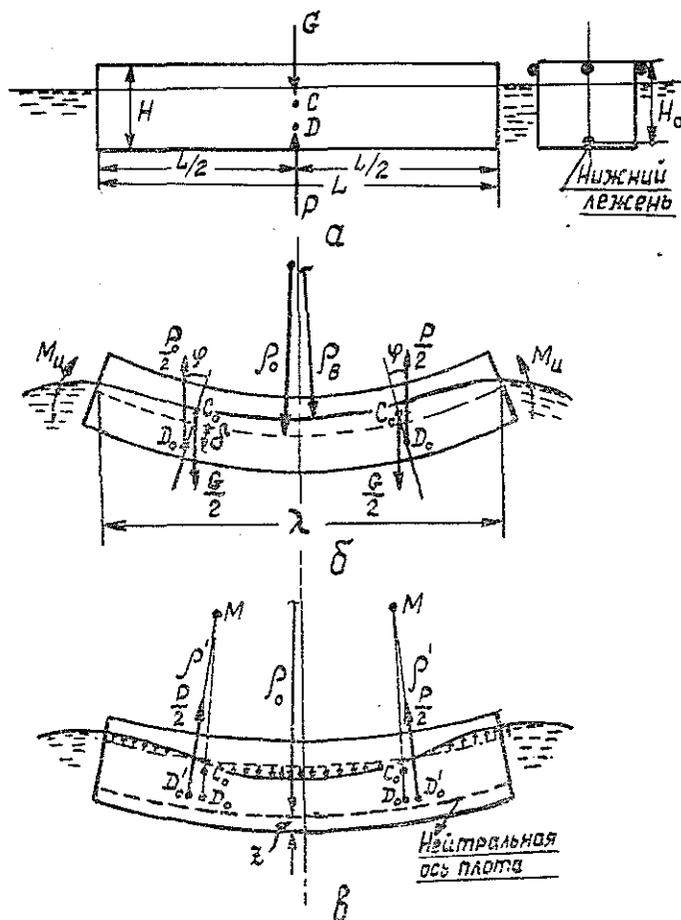


Рис. 1.

нодействующие этих сил расположены на вертикальной оси плавания: вес  $G$  в точке  $C$  (центр тяжести) и сила поддержания  $P$  в точке  $D$  (центр величины). Усилия в лежнях плота соответствуют первоначальному натяжению.

На рис. 1, б показан плот, расположенный на волне и не имеющий продольного крепления (лежней). Прогиб его соответствует размерам волны. В нижней части плота бревна раздвигаются, в верхней сжимаются. Нейтральная ось плота совпадает с геометрической. Радиус кривизны нейтральной оси  $\rho_0$  и радиус кривизны волны  $\rho_a$  при  $\gamma_d = 0,5$  совмещаются. Вес и сила поддержания тоже равны и распределены равномерно по длине. При равенстве длин плота и волны справа и слева от миделя (середины) действуют одинаковые моменты  $M_n$  сил веса и поддержания. Величину этих моментов находят из следующего выражения [2]:

$$M_n = \gamma_d W_0 \delta \varphi, \quad (2)$$

где  $\gamma_d$  — удельный вес древесины;  
 $W_0$  — объем леса половины плота;  
 $\delta$  — расстояние от центра величины до центра тяжести половины плота;  
 $\varphi$  — угол наклона плота, принимается равным удвоенной крутизне волны.

Момент от сил веса и поддержания принимается за расчетный изгибающий момент.

На рис. 1, в показан плот на волне, имеющий продольное крепление (лежни). В этом случае при изгибе плота нижний лежень испытывает натяжение, а верхние ослабевают. В результате натяжения нижнего лежня плот начинает выпрямляться, средняя часть его выходит из воды, а концы погружаются. На гребне волны картина противоположная. Плот получает двойной дифферент. Вследствие этого изменится форма подводной части плота, появятся восстанавливающие моменты, которые будут препятствовать его выпрямлению. Центры каждой половины плота сместятся из точек  $D_0$  в точки  $D'_0$ , описав некоторые пространственные дуги радиусом  $\rho'$ . Центр всего плота, точка  $D$ , за четверть периода сместится в точку  $D'$  (рис. 2), описав некоторую пространственную дугу радиусом  $\rho$ . За следующий полупериод она переместится в точку  $D''$ . За полный период ( $2\pi$ ) точка  $D$  совершит движение по эллипсу с полуосями  $r_0$  и  $\rho \sin \varphi$ , если не учитывать горизонтального перемещения плота. В теории устойчивости плавающих тел радиус  $\rho$  называется метацентрическим и равняется расстоянию от точки  $D'$  до точки  $M$  (метацентр). Точка  $M$  получается при пересечении вертикальной оси плавания с линией действия силы поддержания.

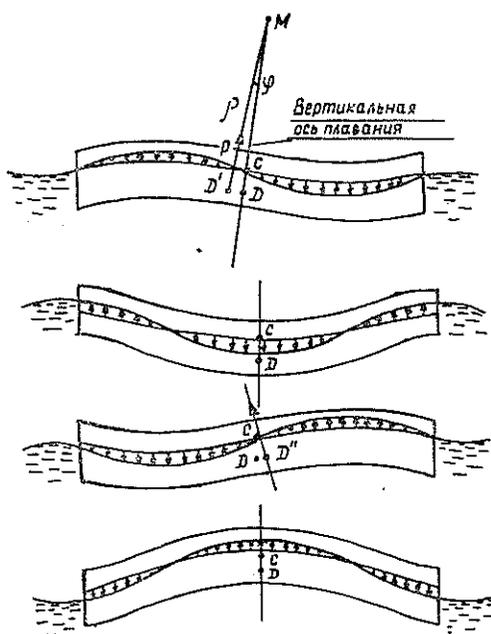


Рис. 2.

В процессе прогиба плота на впадине и гребне волны нейтральная ось его все время перемещается в зоне между нижним и верхними лежнями. Поэтому она может проходить как через центр величины, так и несколько выше и ниже его. Это позволяет нам при дальнейших расчетах принять радиус кривизны нейтральной оси плота  $\rho_0$  равным метацентрическому радиусу  $\rho$ .

Из теории устойчивости плавающих тел, при малых углах дифферента, известно, что продольный метацентрический радиус находится как отношение момента инерции  $I$  площади ватерлинии плота к его объемному водоизмещению  $\bar{W}$ :

$$\rho = \frac{I}{\bar{W}}. \quad (3)$$

По данным [1], момент инерции площади ватерлинии относительно миделя сигарного плота можно определить по формуле

$$I = \frac{a_0 L^3}{6} + \frac{a - a_0}{6} \left[ l_{cp}^2 (L + l_k) + 4l_k^2 \left( \frac{L + l_{cp}}{3} \right) \right], \quad (4)$$

где  $L$  — длина плота;  
 $l_{cp}$  — длина средней цилиндрической части плота;  
 $l_k$  — длина конусной части плота;

- $a$  — половина ширины плота в миделевом сечении;  
 $a_0$  — половина ширины плота на конце;  
 $b$  — половина высоты плота в миделевом сечении;  
 $b_0$  — половина высоты плота в конце.

Объем сигарного плота рекомендуется вычислять по формуле [1]

$$W_{\Pi} = \pi ab l_{\text{ср}} + \pi l_{\text{н}} \left[ \frac{a_0(2b_0 + b) + a(b + 2b)}{3} \right]. \quad (5)$$

Если плот в поперечном сечении не эллиптический, то его объем находят по правилу трапеций.

Жесткость  $B$  поперечного сечения плота при изгибе — функция геометрических параметров сечения, упругих свойств лежня и продольной остойчивости плота. Для растянутой зоны плота жесткость определяют по формуле [3]

$$B_1 = \frac{EF}{2} (ZH_0 + Z^2), \quad (6)$$

здесь  $E$  — модуль упругости лежня при растяжении;

$F$  — площадь сечения лежня;

$H_0$  — высота плота в сечении (расстояние от оси нижнего лежня до верха плота);

$Z$  — высота растянутой зоны плота, или расстояние от нейтральной оси плота до оси нижнего лежня.

Формула (6) получена при прямоугольной эпюре распределения напряжений в сжатой зоне плота. В случае треугольной эпюры напряжений формула примет следующий вид:

$$B_2 = \frac{EF}{3} (2H_0Z + Z^2). \quad (7)$$

При заданных размерах плота и волны, используя формулы (6) и (7), можно найти положение нейтральной оси плота. Для этого уравнение (1) решим совместно с выражениями (6) и (7). Получим

$$Z_1 = -\frac{H_0}{2} \sqrt{\left(\frac{H_0}{2}\right)^2 + \frac{2M_{\text{нл}}}{EF}}; \quad (8)$$

$$Z_2 = -H_0 + \sqrt{H_0^2 + \frac{3M_{\text{нл}}}{EF}}. \quad (9)$$

Из формул (8) и (9) следует, что положение нейтральной оси плота определяется с учетом влияния изгибающего момента и продольного метацентрического радиуса. Условие равенства внутренних растягивающих и сжимающих усилий, которое принимается в упругих телах, в данном случае считается недостаточным.

Зная расположение нейтральной оси плота, можно вычислить усилие  $S$  в нижнем лежне:

$$S = S_0 + \frac{Z}{\rho} EF, \quad (10)$$

где  $S_0$  — предварительное натяжение лежня.

Для определения прогибов плота используем приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси плота.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_{\text{н}}}{B}. \quad (11)$$

Так как плот расположен на волне, то прогиб его будет зависеть от параметров волны. Выразим изогнутую нейтральную ось плота уравнением синусоиды:

$$y = r_0 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x, \quad (12)$$

здесь  $y$  — ордината синусоиды; ось  $y$  расположена в середине волны и направлена вниз;

$x$  — абсцисса синусоиды; ось  $x$  направлена вправо и проходит по горизонту спокойного состояния воды;

$\lambda$  — длина волны;

$r_0$  — амплитуда колебаний плота в миделевом сечении.

Для приближенного вычисления прогибов плота достаточно найти величину  $r_0$ . С этой целью уравнение (12) дифференцируем дважды и получаем

$$y'' = -r_0 \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x. \quad (13)$$

Приравниваем уравнения (11) и (13), тогда

$$\frac{M_{II}}{B} = r_0 \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x.$$

Отсюда находим амплитуду колебаний плота:

$$r_0 = \frac{M_{II}}{B} \frac{\lambda^2}{4\pi^2} \frac{1}{\cos \frac{2\pi}{\lambda} x}. \quad (14)$$

В миделевом сечении при  $x = 0$

$$r_0 = \frac{M_{II}}{B} \frac{\lambda^2}{4\pi^2}. \quad (15)$$

Но так как  $\frac{M_{II}}{B} = \frac{1}{\rho_0}$ ,  $\rho_0 = \rho$ , то окончательно

$$r_0 = 0,025 \frac{\lambda^2}{\rho}, \quad (16)$$

где  $\rho$  — продольный метацентрический радиус всего плота.

Следовательно, прогиб плота в миделевом сечении зависит от отношения квадрата длины волны и продольного метацентрического радиуса.

При положении плота на гребне волны методика расчета аналогична изложенной. Лабораторные исследования подтвердили правильность формулы (16).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гоник А. Н. Морские плоты. Л., Гослесбумиздат, 1956. [2]. Гулидов С. В. К вопросу об определении усилий в продольных тросах сигарообразного плота при статической постановке его на волну. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1965, № 5. [3]. Мурашов В. И. и др. Железобетонные конструкции. М., 1962.

Поступила 23 мая 1978 г.

УДК 634.0.378.5.001.2

## МЕТОД РАСЧЕТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОРТИРОВКИ ПУЧКОВ БРЕВЕН НА ВОДЕ \*

Г. Я. СУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Приводится метод расчета сортировки пучков с помощью гидравлических потокообразователей. Результаты расчета подтверждаются данными наблюдений в производственных условиях.

Устройство для сортировки пучков бревен на воде [6] смонтировано в сортировочно-формировочной системе с наклонным сортировочным коридором и фигурными сортировочными плитками. Против каждого сортировочного дворика шарнирно закреплен в сортировочном коридоре направляющий бон 1 длиной 20—25 м (рис. 1). На нижнем по течению конце бона закреплен гидравлический потокообразователь 2, струя которого направлена в сторону откосного бона 3. При подходе пучка 4, подлежащего отсортировке в данный дворик, включается потокообразователь. Силой упора струи бон отклоняется в сторону дворика, направляя в него пучок.

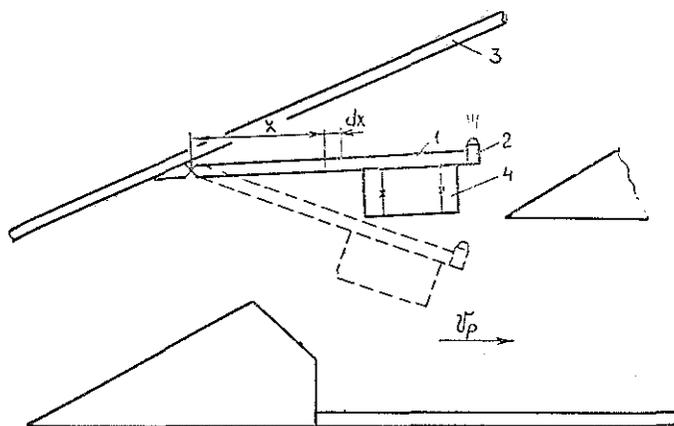


Рис. 1. Расчетная схема устройства для сортировки пучков бревен на воде.

В данной работе рассматривается решение дифференциального уравнения совместного движения предложенного устройства с пучком. Полученные зависимости позволяют обосновать параметры данного

\* Разработка конструкции и внедрение данного устройства в производство осуществлялись Е. В. Хазовым, В. А. Барабановым и автором данной статьи под руководством проф. К. А. Чекалкина.

устройства. Уравнение движения системы пучок—устройство относительно шарнира крепления бона имеет вид

$$Fl_1 = I\ddot{\varphi} + M_0 + M_p, \quad (1)$$

где  $F$  — сила упора струи потокообразователя. В данном случае эту силу с допустимой для практических целей погрешностью можно считать величиной постоянной;

$l_1$  — расстояние от оси шарнира до продольной оси потокообразователя;

$I$  — момент инерции системы относительно вертикальной оси, проходящей через шарнир;

$$I = I_1 + I_2 + I_3, \quad (2)$$

здесь  $I_1, I_2, I_3$  — соответственно момент инерции потокообразователя, пучка бревен и бона относительно той же оси.

Согласно [4],

$$I_1 = m_1 l_1^2; \quad (3)$$

$$I_2 = m_2 l_2^2; \quad (4)$$

$$I_3 = m_3 \frac{l_3^2}{3}; \quad (5)$$

где  $l_2$  — расстояние от центра масс пучка до шарнира. Эту величину можно определить, зная расположение устройства в сортировочной системе и траекторию движения пучка [5];

$l_3$  — длина бона;

$m_1, m_2, m_3$  — соответственно действующая масса потокообразователя, пучка бревен и бона;

$$m_1 = m_n + \lambda_1; \quad (6)$$

$$m_2 = m_{др} + \lambda_2 + m'_{вод}; \quad (7)$$

$$m_3 = m_6 + \lambda_3 + m''_{вод}; \quad (8)$$

здесь  $m_n, m_{др}, m_6$  — масса соответственно потокообразователя, древесины пучка и древесины бона;

$\lambda$  — присоединенная масса;

$m'_{вод}, m''_{вод}$  — масса воды в пустотах (соответственно пучка и бона), участвующая в движении.\*

Далее в выражении (1) имеем

$\ddot{\varphi}$  — угловое ускорение движения системы. Отметим, что  $\varphi$  есть угол, который составляет продольная ось направляющего бона с направлением течения;

$M_0$  — момент сопротивления движению системы в спокойной воде;

$$M_0 = M_1 + M_2 + M_3, \quad (9)$$

здесь  $M_1, M_2, M_3$  — момент сопротивления движению соответственно потокообразователя, пучка и бона;

$$M_1 = R_1 l_1; \quad (10)$$

$$M_2 = R_2 l_2, \quad (11)$$

здесь  $R_1$  и  $R_2$  — сила сопротивления движению потокообразователя и пучка.

Определение силы сопротивления по квадратичному закону от скорости движения вызывает при решении дифференциального уравнения движения тела большие и неоправданные математические трудности. Поэтому, например, в теории колебаний [1] принято определять эту силу по «линеаризованному закону». Для вычисления этой силы с достаточной точностью линеаризацию производим по участкам, на которые разбиваем интервал ее изменения. Тогда сила сопротивления  $R$  на участке изменения линейной скорости центра масс тела от  $v_n$  до  $v_k$  равна (рис. 2)

$$R = R_n + k(v - v_n). \quad (12)$$

Обозначим

$$r = R_n - kv_n, \quad (13)$$

тогда

$$R = r + kv, \quad (14)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности;

$$k = \frac{R_k - R_n}{v_k - v_n}. \quad (15)$$

Индексами «к» и «н» обозначены соответственно конечные и начальные величины, характеризующие рассматриваемый участок интервала изменения силы сопротивления  $R$ .

Для определения момента сопротивления движению бона в спокойной воде выделим на расстоянии  $x$  от шарнира крепления элементарный отрезок  $dx$  (рис. 1). Тогда, по аналогии с выражением (12), запишем

$$M_3 = M_{n_3} + \int_0^{l_3} \frac{k_3}{l_3} (\dot{\varphi} x^2 - \dot{\varphi}_n x^2) dx \quad (16)$$

или

$$M_3 = M_{n_3} - \frac{k_3 l_3^2 \dot{\varphi}_n}{3} + \frac{k_3 l_3^2 \dot{\varphi}}{3}, \quad (17)$$

где  $M_{n_3}$  — момент от начального значения равнодействующей силы сопротивления движению бона;

$\dot{\varphi} x$  — линейная скорость элементарного отрезка бона  $dx$ .

Перепишем выражение (9) с учетом (10), (11), (14), (17):

$$M_0 = (r_1 l_1 + r_2 l_2 + M_{n_3} - \frac{k_3 l_3^2 \dot{\varphi}_n}{3}) + (k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + \frac{k_3 l_3^2}{3}) \dot{\varphi}. \quad (18)$$

Далее в выражении (1) имеем

$M_p$  — момент от силы влечения системы потоком.

В практике предложенное устройство совершает малые угловые перемещения, поэтому, считая приближенно  $\sin \varphi \approx \varphi$  [4], получим

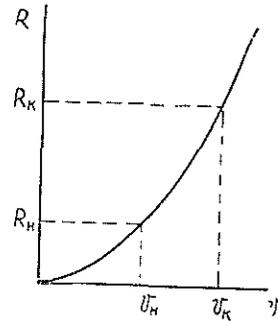


Рис. 2. Зависимость силы сопротивления от скорости движения тела.

$$M_p = P_1 l_1 \varphi + P_2 l_2 \varphi + \int_0^{l_3} \frac{P_3}{l_3} \varphi x dx, \quad (19)$$

и окончательно

$$M_p = \left( P_1 l_1 + P_2 l_2 + \frac{1}{2} P_3 l_3 \right) \varphi, \quad (20)$$

где  $P_1, P_2, P_3$  — сила влечения потоком соответственно потокообразователя, пучка и бона. В силу малости изменения угла  $\varphi$  эти силы можно считать величинами постоянными. Уравнение (1) с учетом (18) и (20) примет вид

$$\ddot{\varphi} = 2a\dot{\varphi} + b\varphi - c = 0, \quad (21)$$

где

$$a = \frac{1}{2I} \left( k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + k_3 \frac{l_3^2}{3} \right); \quad (22)$$

$$b = \frac{1}{I} \left( P_1 l_1 + P_2 l_2 + \frac{1}{2} P_3 l_3 \right); \quad (23)$$

$$c = \frac{1}{I} (F l_1 - r_1 l_1 - r_2 l_2 - M_{и} + \frac{k_3 l_3^2}{3} \dot{\varphi}_н). \quad (24)$$

Таким образом, мы имеем неоднородное линейное уравнение второго порядка, решение которого равно сумме частного решения этого уравнения  $\varphi_1$  и общего решения однородного линейного уравнения  $\varphi_2$ , соответствующего данному неоднородному:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2. \quad (25)$$

Однородное линейное дифференциальное уравнение будет

$$\ddot{\varphi}_2 + 2a\dot{\varphi}_2 + b\varphi_2 = 0. \quad (26)$$

Согласно [3], данному уравнению соответствует характеристическое уравнение

$$q^2 + 2aq + b = 0. \quad (27)$$

Решаем это уравнение:

$$q_{1,2} = -a \pm \sqrt{a^2 - b}. \quad (28)$$

Тогда, согласно [3],

при  $a^2 - b > 0$   $\varphi_2 = c_1 e^{q_1 t} + c_2 e^{q_2 t}; \quad (29)$

при  $a^2 - b = 0$   $\varphi_2 = e^{qt} (c_3 + c_4 t); \quad (30)$

при  $a^2 - b < 0$   $\varphi_2 = e^{-at} (c_5 \cos \sqrt{b - a^2} t + c_6 \sin \sqrt{b - a^2} t). \quad (31)$

Поскольку величина  $c$  в уравнении (21) постоянна и при  $b \neq 0$  ноль не является корнем характеристического уравнения (27), то, согласно [3], частное решение неоднородного линейного уравнения (21)  $\varphi_1$  есть величина постоянная.

Рассмотрим выражение (25) при  $a^2 - b > 0$ :

$$\varphi = c_1 e^{q_1 t} + c_2 e^{q_2 t} + \varphi_1. \quad (32)$$

В начальный момент времени  $t = 0$  угол отклонения  $\varphi = \varphi_0$  тогда из выражения (32)

$$c_1 + c_2 + \varphi_1 = \varphi_0. \quad (33)$$

Продифференцируем выражение (32):

$$\dot{\varphi} = c_1 q_1 e^{q_1 t} + c_2 q_2 e^{q_2 t}. \quad (34)$$

В начальный момент времени  $t = 0$ , угловая скорость движения  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0$ , тогда из данного выражения имеем

$$c_1 q_1 + c_2 q_2 = \dot{\varphi}_0. \quad (35)$$

Вторая производная от  $\varphi$  по  $t$  равна

$$\ddot{\varphi} = c_1 q_1^2 e^{q_1 t} + c_2 q_2^2 e^{q_2 t}. \quad (36)$$

Подставив  $\varphi$ ,  $\dot{\varphi}$ ,  $\ddot{\varphi}$  в уравнение (21), получим

$$\varphi_1 = \frac{c}{b}. \quad (37)$$

Тогда, используя (33) и (35), найдем

$$c_1 = \frac{-\dot{\varphi}_0 + (\varphi_0 - \varphi_1) q_2}{q_2 - q_1}; \quad (38)$$

$$c_2 = \frac{\dot{\varphi}_0 - (\varphi_0 - \varphi_1) q_1}{q_2 - q_1}. \quad (39)$$

Выражение (25) при  $a^2 - b = 0$  примет вид

$$\varphi = e^{qt} (c_3 + c_4 t) + \varphi_1. \quad (40)$$

Для начальных условий при  $t = 0$   $\varphi = \varphi_0$  получим

$$c_3 = \varphi_0 - \varphi_1. \quad (41)$$

Первая производная равна

$$\dot{\varphi} = e^{qt} q (c_3 + c_4 t) + e^{qt} c_4. \quad (42)$$

Подставим при  $t = 0$   $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0$ , тогда

$$c_4 = \dot{\varphi}_0 - q (\varphi_0 - \varphi_1). \quad (43)$$

При  $a^2 - b < 0$  выражение (25) имеет вид

$$\varphi = e^{-at} (c_5 \cos \sqrt{b - a^2} t + c_6 \sin \sqrt{b - a^2} t) + \varphi_1. \quad (44)$$

При  $t = 0$   $\varphi = \varphi_0$ , тогда из выражения (44)

$$c_5 = \varphi_0 - \varphi_1. \quad (45)$$

Продифференцируем выражение (44):

$$\dot{\varphi} = -ae^{-at} (c_5 \cos \sqrt{b - a^2} t + c_6 \sin \sqrt{b - a^2} t) + e^{-at} (-c_5 \sqrt{b - a^2} \sin \sqrt{b - a^2} t + c_6 \sqrt{b - a^2} \cos \sqrt{b - a^2} t). \quad (46)$$

Для начальных условий получим

$$c_6 = \frac{\dot{\varphi}_0 + a(\varphi_0 - \varphi_1)}{\sqrt{b - a^2}}. \quad (47)$$

Таким образом, получены решения уравнения (1), которые позволяют определить путь, проходимый пучком, и его скорость, а также время работы потокообразователя при заданном угле отклонения направляющего бона  $\varphi$ . Следует отметить, что уравнение (1) решено при условии, что за время работы потокообразователя пучок не перемещается относительно направляющего бона. Математически это условие можно записать так:

$$(m_2 l_2 \ddot{\varphi} + P_2 \varphi + R_2) f \geq P_2 \cos \varphi + m_2 l_2 \dot{\varphi}^2, \quad (48)$$

где  $f$  — коэффициент трения скольжения пучка о бон.

Расчет устройства, оборудованного потокообразователем ЛР-39, при следующих исходных данных:  $l_1 = 25,5$  м;  $l_2 = 20,0$  м;  $l_3 = 25,0$  м;  $m_1 = 457$  кг;  $m_2 = 30\,800$  кг;  $m_3 = 4000$  кг;  $v_p = 0,39$  м/с;  $F = 3250$  Н показал, что за время работы потокообразователя  $t = 10$  с бон поворачивается на угол  $\varphi = 0,20$ , достигая угловой скорости  $\dot{\varphi} = 0,029$  1/с. При этом пучок разгоняется до скорости движения 0,58 м/с, а условие (48) соблюдается с начала работы ЛР-39, поэтому смещение пучка вдоль бона практически отсутствует. Наблюдения за работой таких устройств на Усть-Пинежском рейде в навигацию 1976 г. [2] показали хорошую сходимость результатов теоретических исследований с практикой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. М., Физматгиздат, 1959, с. 915. [2]. Отчет по научно-исследовательской теме «Внедрение на Усть-Пинежском рейде сортировки пучков гидравлическими потокообразователями с централизованным управлением». Архангельск, 1976, с. 58. [3]. Пономарев К. К. Специальный курс высшей математики. М., «Высшая школа», 1974, с. 374. [4]. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М., «Наука», 1974, с. 478. [5]. Чекалкин К. А. Уравнения траектории движения бревенного пучка в сортировочном устройстве с наклонным сортировочным коридором. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 5, с. 72—76. [6]. Чекалкин К. А., Хазов Е. В., Барабанов В. А., Суоров Г. Я. Устройство для сортировки пучков бревен на воде. Авт. свид. № 624850. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1978, № 35, с. 60.

Поступила 2 ноября 1977 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 62-493

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЕДИНИЧНОЙ ЧАСТИЦЫ ЩЕПЫ

Л. Г. НЕВЗОРОВА, Э. М. ЛАУТНЕР

Архангельский лесотехнический институт  
Ленинградская лесотехническая академия

Дана методика расчета траектории, скорости и длительности полета частицы щепы в неподвижном воздухе.

В рубительных машинах с безударным удалением щепы (конструкция ЛТА) щепка дополнительно не измельчается, так как нет ударов о кожуры; это приводит к увеличению выхода кондиционной щепы [2, 3]. При выборе рациональной формы приемных устройств для того, чтобы исключить или уменьшить вредное влияние удара, необходимо иметь данные о движении потока щепы, вылетающей из подножевой щели, т. е. знать вид траекторий частиц щепы и их скорости.

Образующиеся при рубке частицы вылетают с большой скоростью, превышающей скорость резания [2], и обладают значительным запасом кинетической энергии. Результаты расчета движения частиц необходимы при проектировании транспортирующих устройств, в которых используют энергию движущихся частиц. Изучение движения единичной частицы щепы — первый шаг в решении поставленной задачи.

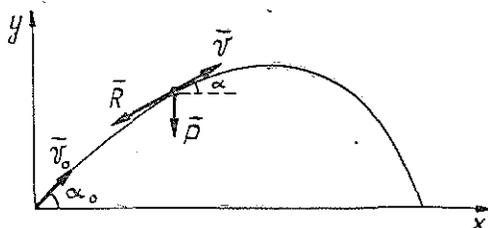


Рис. 1.

Обычно считают, что на частицу щепы действуют сила тяжести  $P$  и сила аэродинамического сопротивления  $R$  (рис. 1). Сделаем следующие допущения: 1) движение происходит в неподвижном воздухе; 2) режим обтекания частицы турбулентный, т. е. сопротивление среды — функция скорости; определяют его по формуле [5]

$$R = \frac{1}{2} CS\rho v^2$$

(где  $C$  — коэффициент аэродинамического сопротивления;  $S$  — площадь миделева сечения частицы;  $\rho$  — плотность воздуха); 3) коэффициент аэродинамического сопротивления  $C$  — величина постоянная, что соответствует режимам кризисного и турбулентного обтекания.

Дифференциальное уравнение движения частицы в векторной форме относительно неподвижной системы координат имеет вид

$$m \overline{W} = \overline{R} + \overline{P}. \tag{1}$$

После проектирования равенства (1) на декартовы оси координат получим

$$m\ddot{x} = -\frac{1}{2} CS\rho v^2 \cos \alpha; \quad (2a)$$

$$m\ddot{y} = -\frac{1}{2} CS\rho v^2 \sin \alpha - mg; \quad (2б)$$

обозначив

$$k = \frac{CS\rho}{2m} = \frac{CS\rho g}{2P},$$

имеем

$$\ddot{x} = -kv^2 \cos \alpha; \quad (3a)$$

$$\ddot{y} = -kv^2 \sin \alpha - g. \quad (3б)$$

Интегрируя уравнения (3a) и (3б), получим [1]

$$x = -\frac{1}{k} \int_{p_0}^p \frac{dp}{B - \psi(p)}; \quad (4a)$$

$$y = -\frac{1}{k} \int_{p_0}^p \frac{p dp}{B - \psi(p)}; \quad (4б)$$

$$t = -\frac{1}{\sqrt{k g}} \int_{p_0}^p \frac{dp}{\sqrt{B - \psi(p)}}, \quad (4в)$$

где

$$p_0 = \operatorname{tg} \alpha_0; \quad p = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\psi(p) = p\sqrt{1+p^2} + \ln(p + \sqrt{1+p^2});$$

$$B = \frac{g}{kv_0^2 \cos^2 \alpha_0} + \psi(p_0).$$

Независимая переменная величина здесь  $p$  — тангенс угла между вектором скорости частицы и осью  $x$ .

Проекция скорости частицы на оси координат в любой момент времени можно определить по формулам [1]

$$v_x = \sqrt{\frac{g}{k}} \frac{1}{\sqrt{B - \psi(p)}}; \quad (5a)$$

$$v_y = \sqrt{\frac{g}{k}} \frac{p}{\sqrt{B - \psi(p)}}. \quad (5б)$$

Начальные условия

$$t = 0; \quad x = 0; \quad y = 0; \quad v = v_0; \quad \alpha = \alpha_0. \quad (6)$$

Уравнения (3) — (5) совместно с выражением (6) — математическая модель движения свободной частицы щепы в неподвижном воздухе.

Чтобы перейти к расчетам траектории частицы, необходимо определить площадь миделева сечения  $S$  и коэффициент аэродинамического сопротивления  $C$ . Площадь миделева сечения неориентированной вращающейся частицы находим [4] по теореме сложения математиче-

ских ожиданий и формуле для средней площади проекции плоской фигуры из теории вероятностей

$$S = \frac{la}{2} + \frac{lb}{2} + \frac{ab}{2},$$

где  $l, b, a$  — размеры частицы.

Коэффициент аэродинамического сопротивления  $C$  плохо обтекаемых тел зависит от того, каков режим обтекания тела потоком, который может быть ламинарным, кризисным или турбулентным. Теоретическое определение коэффициента  $C$  — довольно сложная задача, поэтому его находят экспериментально. Исследованиями [4] установлено, что при числах Рейнольдса  $> 6,3 \cdot 10^4$  коэффициент  $C$  для частиц, расположенных пластью по отношению к набегающему потоку, численно равен 1,1—1,3, а для вращающихся частиц — 1,3—1,5.

В условиях свободного полета щепы, вылетающей из рубительной машины, скорость отдельных ее элементов изменяется приблизительно от 50 до 5 м/с. Число  $Re$  изменяется в пределах от  $9 \cdot 10^4$  до  $6 \cdot 10^3$ . Так как результаты экспериментального определения коэффициента аэродинамического сопротивления частиц щепы при  $Re < 6,3 \cdot 10^4$  отсутствуют, то значения  $C$ , определенные в работе [4], примем для всего диапазона чисел  $Re$ .

Подтверждением правильности выбора  $C$  может служить согласованность экспериментальных и расчетных данных по определению траекторий полета частиц щепы.

В качестве примера выполнен расчет для трех частиц щепы (размерами  $10 \times 15 \times 2$  мм,  $20 \times 15 \times 3$  мм,  $38 \times 50 \times 5$  мм), выбрасываемых горизонтально со скоростью 20, 30, 40, 50 м/с.

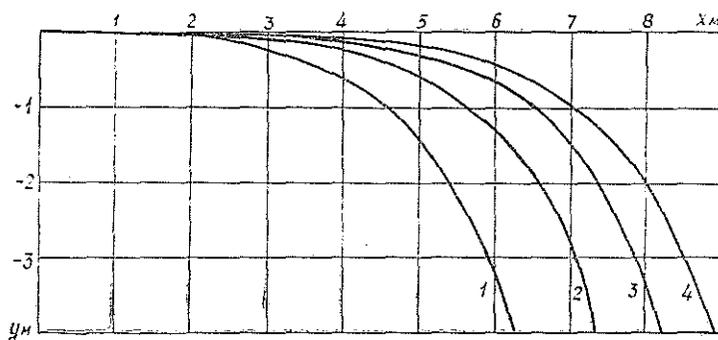


Рис. 2. Траектория частицы  $10 \times 15 \times 2$  мм.  
1 —  $v_0 = 20$  м/с; 2 — 30 м/с; 3 — 40 м/с; 4 — 50 м/с.

Для нахождения координат  $x, y$  и момента времени  $t$ , соответствующего этому положению частицы, необходимо проинтегрировать уравнения (4). Интегралы не могут быть выражены через элементарные функции, поэтому  $x, y$  и  $t$  определяли при помощи методов численного интегрирования. Проекции скорости частицы на оси координат вычисляли по формулам (5). Для расчетов использовали ЭВМ «Наирн-К». Составлена программа в машинных командах с использованием стандартной подпрограммы вычисления определенного интеграла. На печатающее устройство выводили координаты  $x$  и  $y$ , а также соответствующее значение времени  $t$  и проекции скорости частицы  $v_x$  и  $v_y$ .

Траектории частиц щепы, построенные по результатам вычислений, изображены на рис. 2—4.

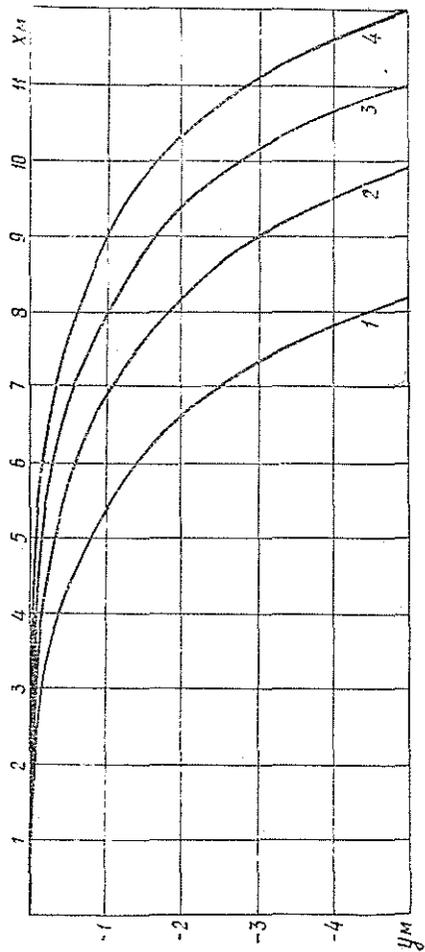


Рис. 3. Траектория частицы 20×15×3 мм. Обозначения см. на рис. 2.

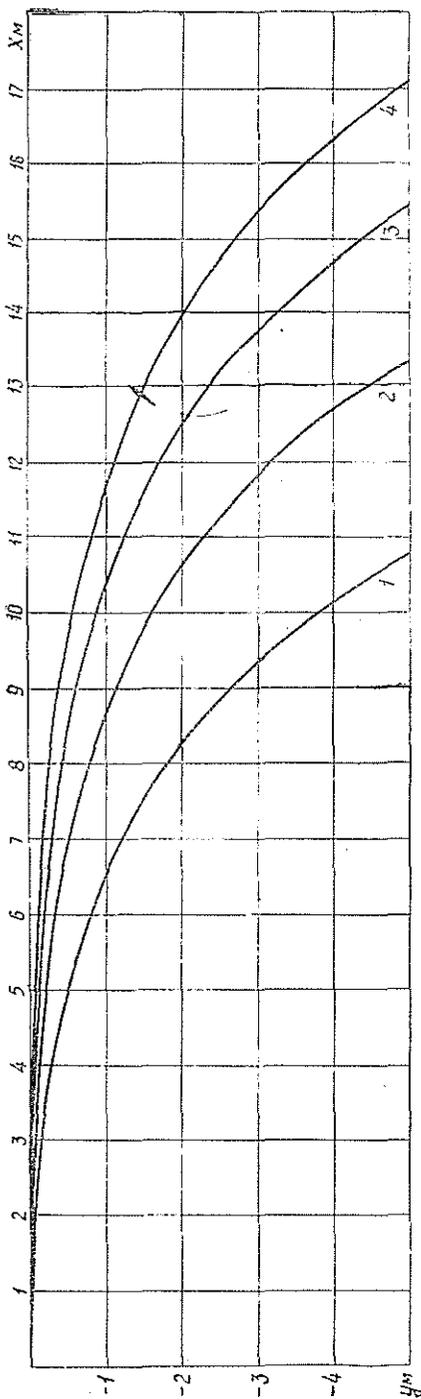


Рис. 4. Траектория частицы 38×50×5 мм. Обозначения см. на рис. 2.

Предлагаемая методика позволяет определить дальность, длительность полета, скорость частиц щепы, построить их траектории. Эти данные можно использовать для обоснованного проектирования применимых устройств щепы, образующейся в дисковых рубительных машинах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жуковский Н. Е. Теоретическая механика. М., Гос. изд-во техн.-теор. литературы, 1952, с. 345—352. [2]. Ивановский Е. Г., Лаутнер Э. М. и др. Влияние удара щепы в рубительной машине на ее качество. — Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 4. Изд-во ЛТА, 1975, с. 103—106. [3] Ивановский Е. Г., Лаутнер Э. М. и др. Причина образования мелочи при рубке древесины лиственницы на дисковых рубительных машинах. — Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 3. Изд-во ЛТА, 1976, с. 93—95. [4]. Коробов В. В. Пневматический транспорт и погрузка технологической щепы. М., «Лесная промышленность», 1974, с. 38—40. [5]. Яблонский В. С. Краткий курс технической гидромеханики. М., Физматгиз, 1961, с. 161.

Поступила 3 июля 1978 г.

УДК 62-501.72 : 621.914.1

### К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ СИСТЕМЫ «СТАНОК — ИНСТРУМЕНТ — ДЕТАЛЬ — ПРИСПОСОБЛЕНИЕ» ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

С. А. АПОСТОЛЮК

Львовский лесотехнический институт

Создана приближенная математическая модель вибрационных процессов, протекающих в упругой системе под воздействием возмущающих сил при продольном фрезеровании древесины, изучен характер вибраций при различных параметрах, характеризующих дисбаланс и обороты инструмента.

С повышением мощности деревообрабатывающих продольно-фрезерных станков значительно возрос уровень вибраций.

Известно [1—3], что вибрации преждевременно выводят из строя режущий инструмент и оборудование, ограничивают их технологические возможности, ухудшают качество обрабатываемой поверхности, отрицательно воздействуют на человека.

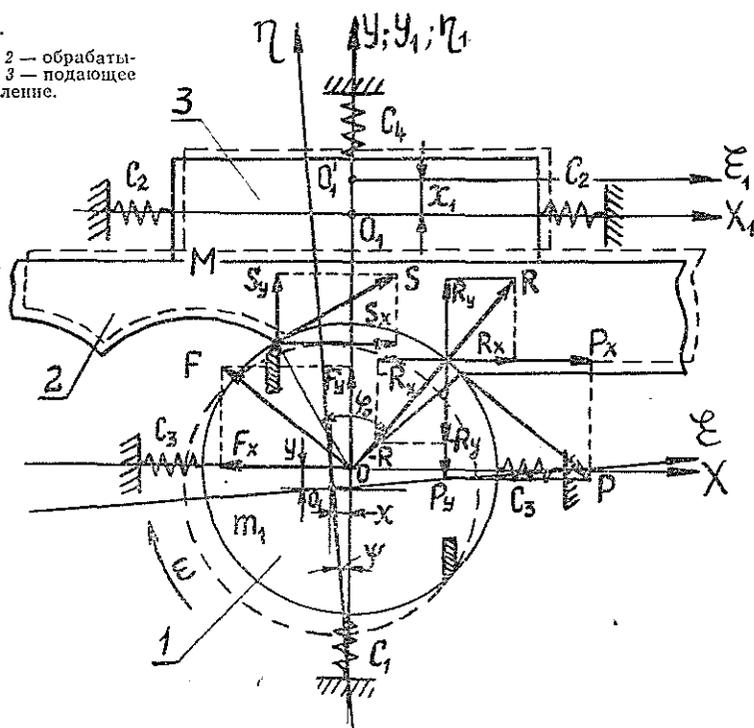
Причины и характер возникновения вибраций при фрезеровании древесины в полной мере не выяснены.

В настоящей работе сделана попытка создать математическую модель вибрационных процессов, происходящих в динамической системе «станок — инструмент — деталь — приспособление» (СИДП) при цилиндрическом фрезеровании древесины. Проведены также теоретические исследования влияния некоторых режимов резания и сил инерции от дисбаланса инструмента на вибрации системы СИДП.

В качестве объекта исследования взят продольно-фрезерный станок С2Ф4. Так как качество обрабатываемой поверхности детали в основном зависит от вибраций инструмента и приспособления, то с целью упрощения расчетной схемы в конструкции станка условно выделяем только две автономные массы  $m_1$  и  $M$  ( $M$  — масса «деталь — приспособление»,  $m_1$  — масса инструмента). Предполагаем, что масса станка бесконечно большая и крепление его абсолютно жесткое. Массы  $m_1$  и  $M$  закреплены на упругих элементах с жесткостями  $c_1, c_2, c_3, c_4$ . Динамическая модель продольно-фрезерного станка С2Ф4 представлена на рис. 1. На систему СИДП действуют импульсный удар реза от заготовку, радиальные и касательные силы резания, силы инерции от дисбаланса инструмента.

Рис. 1.

1 — инструмент; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — подающее приспособление.



Для описания вибраций динамической системы (рис. 1) под воздействием возмущающих сил используем уравнения Лагранжа II рода. За независимые координаты принимаем величины  $x, y, \psi$  для центра массы инструмента  $m_1$ , совпадающего с началом декартовой системы координат  $Oxy$ , а также значения  $x_1$  и  $y_1$  — для центра массы обрабатываемой заготовки и подающего приспособления  $M$ , совпадающего с началом декартовой системы координат  $O_1x_1y_1$  (рис. 1). Кинетическую  $T$  и потенциальную  $\Pi$  энергии системы выразим формулами

$$T = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \frac{1}{2} m_1 r^2 (\omega - \dot{\psi})^2 + \frac{1}{2} M (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2);$$

$$\Pi = \frac{1}{2} (c_1 y^2 + c_3 x^2 - c_2 x_1^2 - c_4 y_1^2),$$
(1)

где  $r$  — радиус режущего инструмента;  
 $\omega$  — круговая частота колебаний системы инструмента;  
 $\dot{\psi}$  — угловая скорость инструмента;  
 $x, y, \dot{x}, \dot{y}$  — перемещения и скорости перемещений системы инструмента в горизонтальной и вертикальной плоскостях;  
 $x_1, y_1, \dot{x}_1, \dot{y}_1$  — перемещения и скорости перемещений системы «деталь — приспособление» в горизонтальной и вертикальной плоскостях;  
 $c_1, c_4, c_2, c_3$  — соответственно вертикальные и горизонтальные жесткости систем инструмента и «деталь — приспособление».

С помощью уравнений Лагранжа II рода получим следующие дифференциальные уравнения:

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{x} + c_3 x &= R_x - P_x - F_x - S_x \delta(t - jt_0); \\
 m_1 \ddot{y} + c_1 y &= P_y - R_y - F_y - S_y \delta(t - jt_0); \\
 M \ddot{x}_1 - c_2 x_1 &= P_x - R_x + F_x + S_x \delta(t - jt_0) - \frac{M}{t_1} \dot{x}_1; \\
 M \ddot{y}_1 - c_4 y_1 &= R_y - P_y + F_y + S_y \delta(t - jt_0) - \frac{M}{2t_1} \dot{y}_1; \\
 m_1 r^2 \ddot{\Psi} &= [P + S \delta(t - jt_0)] r,
 \end{aligned} \tag{2}$$

здесь  $P_x, P_y, R_x, R_y$  — составляющие касательных и радиальных сил резания на оси  $x$  и  $y$ ;

$F_x, F_y$  — составляющие сил инерции от дисбаланса инструмента на оси  $x, y$ ;

$S_x, S_y$  — составляющие импульсного удара резца о заготовку на оси  $x, y$ ;

$P, S$  — касательная сила резания и импульсный удар резца о заготовку;

$\frac{M}{t_1} \dot{x}_1, \frac{M}{2t_1} \dot{y}_1$  — силы сопротивления, возникающие в результате принудительного движения детали прижимным подающим приспособлением;

$\delta(t - jt_0)$  — функция Дирака;

$t$  — текущее время;

$t_1$  — время резания одного резца;

$t_2$  — время холостого хода резца;

$t_0 = t_1 + t_2$  — время между двумя ударами резца о заготовку;

$j$  — количество ударов о заготовку, которое определяем из условия

$$j = \begin{cases} 0 & \text{при } t < t_0 \\ \left[ \frac{t}{t_0} \right] & \text{при } t \geq t_0. \end{cases} \tag{3}$$

Касательную силу резания  $P$  как прерывную периодическую функцию представляем в виде ряда Фурье

$$\begin{aligned}
 P = P_{max} \left\{ \frac{t_1}{2t_0} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left[ \left( \sin \nu n t_1 + \frac{1}{\nu n t_1} \cos \nu n t_1 - \right. \right. \right. \\
 \left. \left. - \frac{1}{\nu n t_1} \cos \nu n t_1 - \frac{1}{\nu n t_1} \right) \cos \nu n t - \left( \cos \nu n t_1 - \frac{1}{\nu n t_1} \sin \nu n t_1 \right) \sin \nu n t \right] \right\}, \tag{4}
 \end{aligned}$$

где  $\nu = \frac{2\pi}{t_0}$  — частота изменения касательной силы резания;

$n$  — число гармоник;

$P_{max}$  — максимальная касательная сила резания, определяемая по формуле (26) работы [4].

Выражения для составляющих импульсного удара резца о заготовку и сил дисбаланса инструмента на оси  $x, y$  приведены в работах [2, 3].

Решая уравнения (2) известным методом вариации постоянных [5], получаем

$$\begin{aligned}
 y = & \left\{ \frac{f_4}{\frac{c_1}{m_1} - \omega^2} + \frac{P_{max}}{2\pi m_1} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{k_3 C_n + k_4 B_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n + \omega)^2} - \frac{k_3 C_n - k_4 B_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n - \omega)^2} \right] - \right. \\
 & \left. - D_2 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \sin \left( j t_0 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \right) \right\} \cos \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} t + \\
 & + \left\{ \frac{P_{max}}{2\pi m_1 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{(k_3 B_n + k_4 C_n)(\nu n - \omega)}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n - \omega)^2} - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{(k_3 B_n - k_4 C_n)(\nu n + \omega)}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n + \omega)^2} \right] + D_2 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \cos \left( j t_0 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \right) - \right. \\
 & \left. - \frac{f_3 \omega}{\left( \frac{c_1}{m_1} - \omega^2 \right) \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}} \right\} \sin \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} t + \frac{f_3}{\frac{c_1}{m_1} - \omega^2} \sin \omega t - \\
 & - \frac{f_4}{\frac{c_1}{m_1} - \omega^2} \cos \omega t + \frac{P_{max}}{2\pi m_1} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{k_3 B_n - k_4 C_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n + \omega)^2} \sin (\nu n + \omega) t - \right. \\
 & - \frac{k_3 B_n + k_4 C_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n - \omega)^2} \sin (\nu n - \omega) t - \frac{k_3 C_n + k_4 B_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n + \omega)^2} \cos (\nu n + \omega) t + \\
 & \left. + \frac{k_3 C_n - k_4 B_n}{\frac{c_1}{m_1} - (\nu n - \omega)^2} \cos (\nu n - \omega) t \right] - D_2 \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \sin \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} (t - j t_0). \quad (5)
 \end{aligned}$$

Здесь введены обозначения

$$f_3 = \frac{P_{max} A k_3}{m_1} - e_1 \omega^2 \cos (\omega t + \varphi); \quad (6)$$

$$f_4 = \frac{P_{max} A k_4}{m_1} + e_1 \omega^2 \sin (\omega t + \varphi); \quad (7)$$

$$B_n = \frac{1}{n} \left[ \sin \nu n t_1 + \frac{1}{\nu n t_1} (\cos \nu n t_1 - 1) \right]; \quad (8)$$

$$C_n = \frac{1}{n} \left[ \frac{1}{\nu n t_1} \sin \nu n t_1 - \cos \nu n t_1 \right]; \quad (9)$$

$$k_3 = \cos (\omega t + \varphi) + d \sin (\omega t + \varphi); \quad (10)$$

$$k_4 = d \cos (\omega t + \varphi) - \sin (\omega t + \varphi); \quad (11)$$

$$D_2 = \frac{2M(1 - k_0) \omega r \sqrt{\frac{H}{D}}}{2M + m_1}; \quad A = \frac{t_1}{2t_0}; \quad (12)$$

$y$  — вертикальные виброремещения системы инструмента;

$H$  — толщина снимаемого слоя древесины;

$D$  — диаметр режущего инструмента;

$d$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от отношения радиальной и касательной сил резания [4];

$k_0$  — коэффициент восстановления при косом ударе, определяемый по формуле

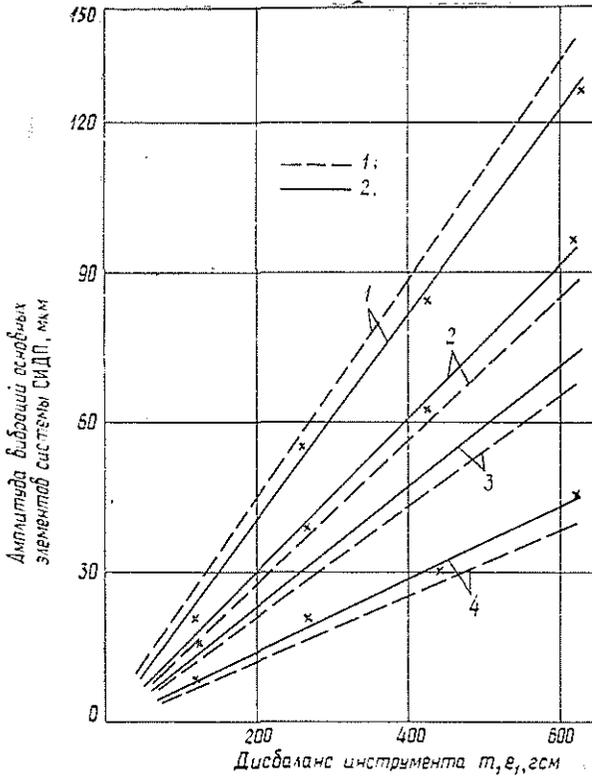


Рис. 2. Зависимость амплитуды горизонтальных (1, 3) и вертикальных (2, 4) вибраций систем инструмента и «деталь — приспособление» от дисбаланса инструмента. 1 — теоретическая зависимость; 2 — экспериментальная.

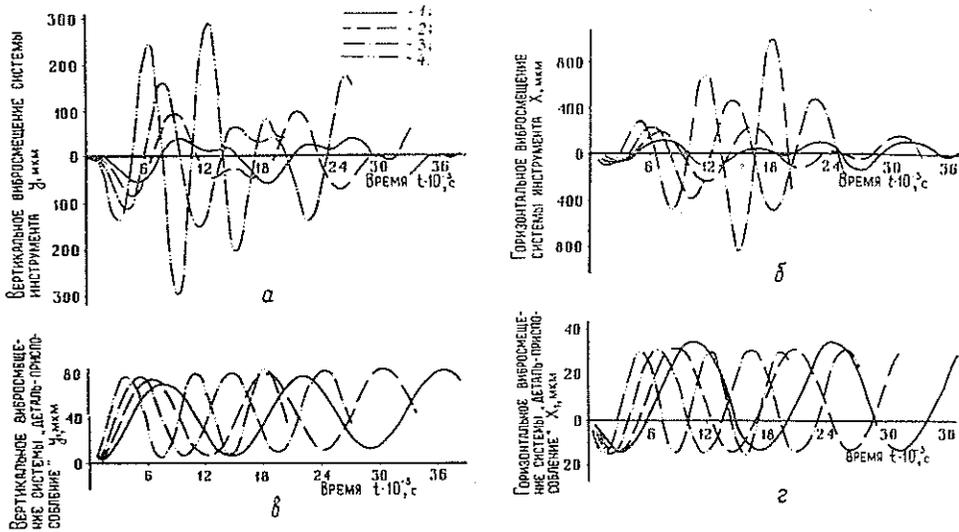


Рис. 3. Характер изменения вибраций основных элементов системы СИДП при различном числе оборотов инструмента.

а, б — вертикальные и горизонтальные вибрации системы инструмента; в, г — вертикальные и горизонтальные вибрации системы «деталь — приспособление». 1 — 5000 об/мин; 2 — 6000; 3 — 7000; 4 — 8000 об/мин;  $m_{e1} = 625$  гсм;  $\delta = 250$  мм.

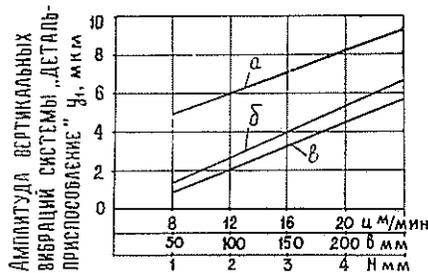
$$k_0 = 1 - \frac{E_d}{E_p}, \quad (13)$$

где  $E_d$  — модуль упругости материала обрабатываемой заготовки (древесины);

$E_p$  — модуль упругости материала реза.

Уравнения траекторий движения системы инструмента при горизонтальных  $x$  вибрациях и системы «деталь — приспособление» при горизонтальных  $x_1$  и вертикальных  $y_1$  вибрациях не приводим ввиду их громоздкости.

Рис. 4. Зависимость амплитуды вертикальных вибраций системы «деталь — приспособление»  $Y_1$ , мкм, от ширины фрезерования (а), скорости подачи (б) и толщины снимаемого слоя (в)



Уравнения траекторий движения систем инструмента и «деталь — приспособление» исследовали на ЭВМ М-222. Изучали влияние возмущающих сил и некоторых режимных факторов на вибрации системы СИДП. Результаты представлены на рис. 2, 3, 4.

Нами установлено следующее.

1. На вибрации системы СИДП доминирующее влияние оказывает дисбаланс  $m_1 e_1$  инструмента ( $m_1$  — масса инструмента;  $e_1$  — эксцентриситет).

С увеличением дисбаланса горизонтальные и вертикальные вибрации системы возрастают по линейному закону (рис. 2).

2. Существенное влияние на вибрации оказывает число оборотов инструмента. С увеличением числа оборотов неуравновешенного инструмента ( $m_1 e_1 = 625$  гсм) одновременно возрастают частота и амплитуда вибраций системы инструмента (рис. 3, а, б).

Для системы «деталь — приспособление» с возрастанием числа оборотов частота увеличивается, а амплитуда колебаний остается почти неизменной (рис. 3, в, г). Это можно объяснить так. Если время действия возмущающей силы по сравнению с полупериодом собственных колебаний системы мало (что имеет место при больших числах оборотов), то вибросмещения массы  $M$  ввиду инерционности системы остаются почти неизменными.

3. С увеличением скорости подачи  $u$ , ширины фрезерования  $b$  и толщины снимаемого слоя  $H$  вертикальные вибрации системы «деталь — приспособление» возрастают по линейному закону (рис. 4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Амалицкий В. В., Нуллер И. Я. Об устойчивости динамической системы при резании древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 5. [2]. Апостолок С. А. Исследование вибраций деревообрабатывающих станков и разработка некоторых средств виброзащиты. — Тезисы докладов и проблемы виброзащиты. М., «Наука», 1977. [3]. Апостолок С. А., Мартынович Б. Т. Исследование влияния дисбаланса инструмента на вертикальные вибрации системы «станок — инструмент — деталь — приспособление» при фрезеровании древесины. — «Деревообработы-

вающее оборудование». Экспресс-информ. М., 1977, вып. 10 (НИИМАШ). [4]. Кряжев Н. А. Фрезерование древесины. М., Гослесбумиздат, 1963. [5]. Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений. М., Физматгиз, 1959.

Поступила 10 мая 1978 г.

УДК 684.55 : 674.5

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЬЕЗОТЕРМООБРАБОТКЕ

А. Б. ИЗРАЕЛИТ, Р. М. МУРЗИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Обоснованы зависимости для прогнозирования механических свойств (жесткости) древесных материалов при изменении плотности, температуры, времени выдержки под давлением в процессе пьезотермообработки.

В процессе пьезотермообработки любых древесных материалов происходит их уплотнение, нагревание и, как следствие, отверждение связующего, сопровождающееся изменением влажности. Все эти явления происходят в течение заданного по технологическим условиям времени выдержки.

Отмеченные факторы отражаются на механических свойствах и, в частности, на жесткости обрабатываемого материала. Знание закономерностей изменения жесткости в процессе пьезотермообработки позволяет обоснованно определять возникающие перемещения и, самое главное, фактические давления и нагрузки на рабочие органы прессового оборудования. Особенно важное значение отмеченные закономерности имеют для расчета непрерывных прессов и прессформ сложного очертания, где без четкого знания изменения жесткости невозможно задать режим изготовления, а тем более невозможно его регулировать.

В позиционных прессах регулирование давления достигается автоматической подпрессовкой, однако целесообразность принятых режимов опять-таки должна согласовываться с изменением свойств обрабатываемого материала. Следовательно, прогнозирование механического состояния любого древесного материала в зависимости от его уплотнения, температуры, влажности и времени выдержки имеет важное практическое значение. Решению этой задачи посвящена данная статья. Наиболее существенно на свойства древесины и древесных материалов влияет изменение влажности. Для натуральной древесины многих пород этот вопрос изучен детально [3] и предложена линейная зависимость модуля деформации от изменения влажности (до точки насыщения)

$$E = E_{15} + \beta(w - 15), \quad (1)$$

где  $E_{15}$  — модуль деформации при  $w = 15\%$ ;

$w$  — фактическая влажность, %;

$\beta$  — поправочный эмпирический коэффициент, зависящий от вида древесных материалов.

Изучение влияния уплотнения на механические свойства древесных материалов позволило предложить следующую формулу для модуля деформации [2]:

$$E = E_n + \frac{a\varepsilon}{1 - \varepsilon}, \quad (2)$$

здесь  $E_n$  и  $a$  — эмпирические коэффициенты, характеризующие данный рассматриваемый материал;  
 $\varepsilon$  — степень уплотнения по начальным размерам.

Ранее показано [1, 4], что свойства древесины зависят от нагревания; установлены линейные взаимосвязи между жесткостью и температурой при растяжении, что характерно для стесненной сушки. При пьезотермообработке древесных материалов преобладает сжатие и изменение жесткости в диапазоне используемых температур 60—150°C происходит с выраженным затуханием [5], что может быть аппроксимировано показательной функцией

$$E = E_0 e^{z(T-20)}, \quad (3)$$

где  $E_0$  — начальное значение модуля деформации при комнатной температуре  $T = 20^\circ\text{C}$ ;  
 $z$  — декремент затухания.

Влияние времени выдержки на свойства древесины и древесных материалов следует учитывать только при длительных процессах, когда возникают релаксационные явления. При пьезотермообработке релаксационные процессы при повышенных температурах могут протекать весьма интенсивно.

Учитывая ограниченность времени выдержки при пьезотермообработке древесных материалов, мы отказались от использования модели вязко-упругого тела при описании релаксационных свойств и приняли наиболее простую линейную зависимость для модуля деформации.

$$E = E_{t=0} + bt, \quad (4)$$

здесь  $E_{t=0}$  — мгновенный модуль деформации;  
 $b$  — эмпирический коэффициент, определяющий зависимость модуля деформации от времени выдержки под нагрузкой.

Цель нашего исследования — определить максимальные значения жесткости при пьезотермообработке, необходимые для расчета рабочих органов прессового оборудования. Очевидно, стабильные и максимальные значения жесткости, а также других механических свойств любого древесного материала соответствуют периоду отверждения связующего. Однако исследовать механические свойства материала непосредственно в момент отверждения связующего трудно или даже невозможно.

Поэтому мы испытывали готовые образцы, постепенно разогревая их и выдерживая в течение различного времени при ступенчатом загрузении и разгрузении в соответствии с ГОСТом 1648311—72. Полученные при этом результаты можно достоверно экстраполировать на конечный период пьезотермообработки соответствующих материалов, представляющий для расчета оборудования наибольшее значение. Образцы исследуемых материалов подвергали сжатию на рычажном прессе П-12М в специальной изготовленной термокамере. Деформации измеряли с помощью индикаторной головки при изменении температуры образцов от 20 до 80°C. Образцы загружали мгновенно, затем выдерживали под нагрузкой в течение 8 мин и разгружали также с выдержкой в 8 мин. При этом фиксировалась динамика развития деформаций во времени. Максимальную нагрузку каждой ступени загрузки подбирали экспериментально для каждого материала так, чтобы не выйти за пределы линейной взаимосвязи нагрузок и деформаций.

Во всех случаях по истечении интервала загрузки или разгрузки наблюдалось четко выраженное затухание релаксационных процессов. По найденным абсолютным приращениям деформаций образцов определяли соответствующие относительные деформации и вычисляли модули деформации

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (5)$$

Путем статистической обработки результатов экспериментов были найдены эмпирические параметры температурных и реологических зависимостей для всех испытанных материалов (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Направление	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>z</i>	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>z</i>
		Загружение			Разгружение		
Осина натуральная	Радиальное	1840	-31	-0,006	—	—	—
"	Тангенциальное	2340	0	-0,006	—	—	—
Осина уплотненная	прессованию	4980	-150	-0,011	—	—	—
"	⊥ прессованию	9500	0	-0,001	—	—	—
Фанера сосновая	прессованию	880	-29	-0,008	—	—	—
" березовая	"	3300	-26	-0,003	3600	-32	-0,006
Древесностружечная плита	"	1730	-20	-0,006	2020	-37	-0,003
Облицованная шпоном древесностружечная плита	"	1220	-11	-0,008	1530	-89	-0,004

При исследовании декрементов затухания установлено, что они сохраняют постоянные значения при любом времени выдержки под нагрузкой. Отсюда можно сделать вывод о независимости температурных и релаксационных явлений и о возможности их разделения. Полагая по аналогии взаимную независимость всех остальных факторов, влияющих на механические свойства древесных материалов, мы в итоге предлагаем следующее равенство для модуля деформации:

$$E = \left[ E_n + \frac{a\varepsilon}{1-\varepsilon} + bt + \beta(\omega - 15) \right] e^{z(T-20)}. \quad (5)$$

#### Выводы

1. Предложенные нами формулы для оценки жесткости материала в зависимости от технологических факторов пьезотермообработки позволяют определять напряженно-деформационное состояние материала и его кинетику, а также вычислять нагрузки на прессовое оборудование и его необходимую мощность.

2. Найденные значения модулей деформации значительно ниже модулей упругости соответствующих материалов. Следовательно, фактическая податливость древесных материалов при пьезотермообработке значительно выше их упругой деформативности и модули упругости не могут служить характеристиками жесткости.

3. Установленные параметры температурных зависимостей для модулей деформации позволяют рассчитывать развитие перемещений и напряжений при нагревании и охлаждении древесных материалов.

4. Реологические параметры независимо от других явлений позволяют определять кинетику напряженно-деформационного состояния во времени, что имеет очень важное значение при длительной пьезотермообработке древесных материалов.

5. Закономерности изменения жесткости древесных материалов существенно различаются при их загрузке и разгрузке. Это определяется разными значениями коэффициентов  $b$  и  $z$  для этих двух случаев (табл. 1). Следовательно, изучение пьезотермообработки и управление ею должно быть разделено на два этапа — увеличение давлений и снятие их. Параметры предложенных закономерностей можно использовать как технологические критерии качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бывших М. Д. Влияние температуры и влажности древесины на ее упруго-пластические свойства.—«Деревообрабатывающая промышленность», 1959, № 2, с. 13—15. [2]. Израелит А. Б., Янговский Л. И. О закономерностях изменения упруго-механических свойств и коэффициентов качества при уплотнении древесины различных пород. — В сб.: Получение, свойства и применение модифицированной древесины. Рига, «Зинатне», 1973, с. 71—76. [3]. Леонтьев Н. Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины. М., Гослесбумиздат, 1962. 114 с. [5]. Уголев Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М., «Лесная промышленность», 1971. 174 с.

Поступила 19 сентября 1978 г.

УДК 634.0.812:69.025.351,3

### МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА — МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПАРКЕТА

В. А. ШАМАЕВ, А. В. ГРЕБЕНЩИКОВ, Л. С. ЛОЗОВАЯ

Воронежский лесотехнический институт

Установлено, что модифицированная древесина по износостойкости в 2—3 раза превышает древесину дуба при эксплуатации в производственных условиях.

Один из путей комплексного улучшения свойств древесины — модификация ее мочевиной. Исследования показали, что модифицированная мочевиной древесина имеет высокие физико-механические свойства и может применяться для изготовления подшпунников скольжения [3, 5, 6]. Высказано предположение о возможности применения модифицированной древесины в качестве паркетных покрытий [2]. Для этого необходимо было изучить следующие ее свойства: статическую твердость, износостойкость и способность к склеиванию.

Технология получения модифицированной мочевиной древесины описана в работе [6]. В качестве исходного сырья использовали древесину осины, березы и сосны (сосновые жерди от рубок ухода).

Статическую твердость в радиальном и тангентальном направлениях определяли по ГОСТу 15338—75 «Древесина прессованная. Метод определения твердости» на образцах размерами 15×15×45 мм (последний размер вдоль волокон). Значения твердости определяли как среднее арифметическое из двенадцати измерений. Одновременно находили временную упругую и временную остаточную деформации.

Истираемость определяли (согласно ГОСТу 426—66) по методике, изложенной в работе [4], на образцах размерами 10×10×20 мм (по-

следний размер (вдоль волокон). Износ образцов вычисляли по потере веса в процентах.

Испытание модифицированной древесины на склеивание проводили по ГОСТу 9629—75 «Древесина прессованная. Заготовки». При склеивании применяли следующие клеи: мочевино-формальдегидный УКС, поливинилацетатная эмульсия ПВА, авиационный ВИАМ-БЗ, фенол-формальдегидный БФ-2. Для клея УКС в качестве отвердителя добавляли 1%-ную щавелевую кислоту; а для клея ВИАМ-БЗ — 5% керосинового контакта Петрова. Отверждение проводили при нагрузке 0,5 МПа и температуре 293 К в течение 24 ч.

Таблица 1

Порода	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Статистическая твердость, МПа	Временная деформация, %	
				упругая	остаточная
Береза	1150	8,0	122	75,5	24,5
			124	74,7	25,3
"	1100	7,0	143	78,2	21,8
			115	71,2	28,8
Осина	1100	6,5	83	65,4	34,6
			134	74,1	25,9
"	1050	6,8	76	64,3	36,7
			118	70,1	29,9
Сосна	1050	6,5	114	77,3	22,7
			118	73,9	26,1
"	1000	6,0	95	73,9	26,1
			114	71,7	28,3

Примечание. В числителе указаны значения твердости и деформации в радиальном направлении; в знаменателе — в тангентальном.

Результаты испытаний модифицированной древесины на твердость в радиальном и тангентальном направлениях представлены в табл. 1, из данных которой видно, что в тангентальном направлении твердость несколько выше. Соотношение упругой и остаточной деформаций примерно 3 : 1, что характеризует модифицированную древесину как упругий материал. Сравнение твердости модифицированной древесины осины, березы и сосны с твердостью немодифицированной древесины этих же пород, имеющей значения 22—27 МПа, позволяет сделать вывод, что модификация древесины мочевиной повышает в 4—5 раз статическую твердость материала.

На рис. 1 приведены значения истираемости модифицированной древесины в зависимости от плотности. Модифицированная древесина характеризуется меньшей истираемостью по сравнению, например, с древесиной дуба, истираемость которого равна 20,6%. Анализ кривых на рис. 1 показывает, что для одной и той же плотности наибольшей износостойкостью обладает древесина сосны. Существенное увеличение износостойкости достигается при плотности 900—1000 кг/м<sup>3</sup>. Если плотность материала более 1100 кг/м<sup>3</sup>, то износостойкость возрастает незначительно. Следовательно, для модифицированной древесины, применяемой в качестве паркета, можно рекомендовать плотность в диапазоне 1000—1100 кг/м<sup>3</sup>. При плотности 900 кг/м<sup>3</sup> и менее по износостойкости она приближается к древесине дуба. Модифициро-

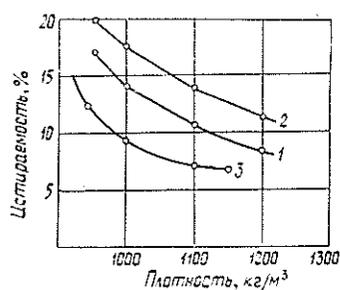


Рис. 1. Зависимость истираемости модифицированной древесины от плотности.  
1 — береза; 2 — осина; 3 — сосна.

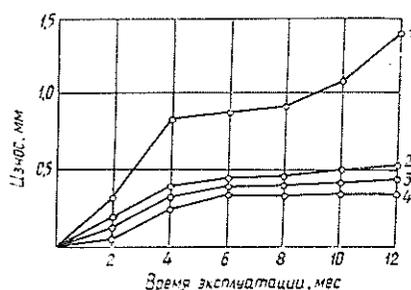


Рис. 2. Износ паркета после одного года эксплуатации.  
1 — из древесины дуба; 2, 3, 4 — из модифицированной древесины плотностью соответственно 900, 1000 и 1200 кг/м³.

ванная древесина сосны плотностью 1000—1100 кг/м³ по износостойкости в 2,5—3 раза превосходит древесину дуба.

Таблица 2

Порода	Марка клея	Предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа
Береза	ПВА	2,50
Осина	"	4,92
Сосна	"	4,92
Береза	УКС	2,40
Осина	"	3,80
Сосна	"	4,40
Береза	2 части УКС, 1 часть ПВА	4,49
Осина	" " " " " "	3,38
Сосна	" " " " " "	7,75
Береза	1 часть УКС, 2 части ПВА	6,80
Осина	" " " " " "	5,00
Сосна	" " " " " "	3,00
Береза	ВИАМ-БЗ	4,00
Осина	"	4,88
Сосна	"	5,40
Береза	БФ-2	1,50
Осина	"	1,82
Сосна	"	2,00

В табл. 2 приведены значения предела прочности при склеивании вдоль волокон по клеевому слою модифицированной древесины березы, осины, сосны. Наилучшие показатели склеивания достигаются при применении смеси клеев: одной части УКС и двух частей ПВА. Самые высокие значения предела прочности при скалывании вдоль волокон получены для древесины сосны (для всех марок клеев), следовательно, ее можно рекомендовать как наиболее приемлемую породу для изготовления паркета.

С учетом полученных результатов была изготовлена партия щитового паркета с лицевым покрытием из модифицированной древесины сосны. Покрытие изготавливали по следующей технологии. Сосновые жерди и подтоварник раскраивали на заготовки размерами 255×45×14 мм с удалением мутновочных зон. Заготовки пропитывали в растворе мочевины концентрацией 30% методом горяче-холодных ванн (2 ч — горячая ванна при температуре 368—373 К и 24 ч — холодная ванна при 291 К). После про-

питки заготовки высушивали при температуре 378 К до влажности 12—14% и прессовали в прессформах одноосного уплотнения до плотности 900—1200 кг/м<sup>3</sup> (степень прессования 40—55%). Спрессованные заготовки в фиксированном состоянии сушили при температуре 393 К до влажности 2—4% и подвергали термообработке при температуре 443 К в течение 5 ч. Полученную паркетную фризу обрабатывали механически до размеров 250×42×52 мм и наклеивали на основание из дров толщиной 22 мм. Склеивание проводили смесью клеев УКС и ПВА (2:1) с отвердителем — хлористым аммонием — при температуре 383 К в течение 30 мин. Полученные щиты проходили конечную обработку по известной технологии [1]. Изготовленный щитовой паркет был уложен у входа в читальный зал Воронежского лесотехнического института и в течение года подвергался усиленной эксплуатации. Ежемесячно измеряли износ этого паркета металлической скобой, снабженной индикаторной головкой (точность — ± 0,01 мм), и сравнивали с износом паркета из дуба. Точкой отсчета служили металлические реперы, установленные в полу таким образом, чтобы они не подвергались износу. Замеры износа вели по девяти точкам на модифицированной древесине и по трем — на древесине дуба. Испытывали древесину трех плотностей: 900, 1000, 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Данные износа паркета из модифицированной древесины и дуба после года эксплуатации приведены на рис. 2, из которого видно, что износ модифицированной древесины в 2,2—3 раза меньше износа древесины дуба и составляет 0,52 мм при плотности 900 кг/м<sup>3</sup>, 0,49 мм при плотности 1000 кг/м<sup>3</sup> и 0,38 мм при плотности 1200 кг/м<sup>3</sup>. Износ древесины дуба за это же время равен 1,4 мм. Результаты лабораторных и эксплуатационных испытаний по износостойкости модифицированной древесины совпали.

Итак, модифицированную мочевиной древесину с успехом можно применять в качестве заменителя дефицитной древесины твердых пород при производстве паркета.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гольдман И. А. Технология и оборудование паркетного производства. М., «Лесная промышленность», 1974. 124 с. [2]. Ельков Л. В., Шамаев В. А. Рациональное использование мелкотоварной древесины для производства втулок и паркета. — Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности. Материалы конференции. Минск, 1974, с. 234—236. [3] Ельков Л. В., Шамаев В. А., Хатуицев Д. И., Бочаров В. И. Подшипники скольжения из модифицированной древесины. Воронеж, 1976. 2 с. (ЦНТИ. Информ. листок). [4]. Скрупский В. П., Зиемелис А. Э., Берзиньш Г. В. Износ химически пластифицированной древесины. — В сб.: Модифицированная древесина и исследование ее свойств. № 123. Л., 1968, с. 29—33. (Научн. тр. ЛТА и ИХД). [5]. Шамаев В. А., Ельков Л. В., Самодуров И. С. Некоторые свойства пластифицированной мочевиной прессованной древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 1, с. 92—94. [6]. Шамаев В. А., Ельков Л. В., Попова Н. И. Стабилизация древесины, модифицированной мочевиной. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5, с. 97—101.

Поступила 18 января 1978 г.

УДК 634.0.812 + 674.038.18

## ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ И ПОРАЖЕНИЕ ЯДРОВОЙ ГНИЛЬЮ ДЕРЕВЬЕВ-ДВОЙЧАТОК ОСИНЫ

В. А. АЛЕКСЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

На генетически однородном материале — 50 деревьях-двойчатках осины — доказано, что деревья осины поражаются ядровой гнилью от ложного осинового трутовика независимо от их размеров и плотности древесины.

Изучению плотности древесины осины в связи с разной устойчивостью ее по отношению к ядровой гнили уделяется большое внимание [1—3, 6]. Однако до сих пор неясно, насколько эти свойства зависят от индивидуального развития деревьев (онтогенеза). Ответить на этот вопрос можно, если провести исследования на абсолютно однородном в генетическом отношении материале. Примером могут служить деревья-близнецы (двойчатки), произрастающие в одинаковых условиях.

Исследования выполнены нами в Лисинском учебно-опытном лесхозе. С учетом ряда рекомендаций [4, 5], в однородном таксационном выделе на площади около 3 га в сентябре — октябре 1976 г. было отобрано 50 деревьев-двойчаток\* осины, сросшихся между собой нижней частью стволов, но не выше чем на 1 м. Насаждение осины по составу чистое, возраст — 70 лет, тип леса — осинник кислотно-травяной. Рельеф местности равнинный, местоположение участка ровное, почва — дерново-подзолистая тяжелосуглинистая глееватая на ленточной глине.

У каждого растущего дерева осины, с его внешней стороны по отношению к соседнему, с помощью возрастного бурава на высотах 1,3 и 4 м от корневой шейки были взяты радиальные керны древесины. Всего было отобрано 202 образца ( $50 \times 2 \times 2 \pm 2$  мм). Каждый образец, начиная от коры, разрезали по длине на три части (60, 30 и 10%) пропорционально объемному весу. Плотность древесины (условную) определяли способом максимальной гигроскопичности [6] отдельно по каждой части, а затем как средневзвешенную для всего образца. Все исследования выполняли только на здоровых частях древесины. Части кернов с признаками гнили выбрасывали.

У всех растущих деревьев осины были измерены диаметры и высоты и путем многократного подсчета определено количество отмерших (сухих) сучьев (для каждого дерева за истинное значение принимали модальное число их). Все деревья осины в зависимости от состояния древесины и внутренних пороков (по ГОСТу 2140—71) были подразделены на следующие категории: без признаков развития гнили; с наличием красно-бурого ядра; с водослоем; со скрытым развитием гнили и с плодовыми телами ложного осинового трутовика.

Результаты учета размеров деревьев осины разных категорий и очищаемости их от мертвых сучьев показаны в табл. 1. Установлено, что 19 парных деревьев-двойчаток (38%) имеют по одному стволу с древесиной без признаков развития гнили и по одному стволу как с явной, так и скрытой гнилью. Из этого следует, что гниль в стволы соседних деревьев не всегда передается от загнившего дерева. В то же время у 11 двойчаток (22%) отмечено наличие плодовых тел на обоих деревьях, а с учетом скрытого развития гнили число пораженных двойчаток составляет 23 или 46%.

Учитывая, что водослой сопутствует гнили, а красно-бурое ядро (в данном случае краснина) возникает без участия грибов [5], все де-

\* Одно дерево — тройчатка.

Таблица 1

Категории деревьев по состоянию древесины	Изучаемые признаки-показатели			
	Число одиночных деревьев, шт./%	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Число отмерших сучьев, шт.
Без признаков развития гнили	23/22,8	27,6±0,44	24,2±0,99	39,6±2,53
С наличием красно-бурого ядра	5/5	27,4±1,06	26,3±3,21	39,6±3,96
С водослоем	7/6,9	28,1±0,73	24,79±1,27	42,3±1,32
Со скрытым развитием гнили	18/17,8	28,2±0,56	29,6±1,40	46,2±2,63
С плодовыми телами	48/47,5	27,2±0,36	25,4±0,73	39,6±1,65

ревья осины мы в конечном итоге распределили на две категории — пораженные ядровой гнилью и здоровые (их оказалось соответственно 73 и 28 шт.). В табл. 2 приведена статистическая характеристика некоторых биометрических показателей этих категорий деревьев.

Таблица 2

Статистические показатели	<i>H</i> м	<i>D</i> <sub>1,3</sub> см	<i>N</i> <sub>М</sub> шт.	<i>H</i> м	<i>D</i> <sub>1,3</sub> см	<i>N</i> <sub>М</sub> шт.
	для деревьев					
	пораженных ядровой гнилью			здоровых		
$\bar{X}$	27,56	26,35	41,49	27,56	24,62	39,61
$\sigma$	2,430	5,469	11,220	2,171	5,339	11,626
<i>m</i>	0,284	0,640	1,313	0,410	1,009	2,097
<i>C<sub>v</sub></i> %	8,8	20,7	27,0	7,9	21,7	29,3
<i>p</i> %	1,03	2,43	3,16	1,49	4,10	5,55

Примечание. *H* — высота; *D*<sub>1,3</sub> — диаметр; *N*<sub>М</sub> — количество отмерших сучьев.

Анализируя данные табл. 1 и 2, можно заметить, что пораженные ядровой гнилью и здоровые деревья осины по своим размерам (диаметру и высоте) не отличаются друг от друга: имея общую корневую систему, они в общем растут одинаково. Среднеквадратические отклонения  $\sigma$  и коэффициенты варьирования *C<sub>v</sub>* этих признаков у обеих категорий деревьев имеют близкие значения. Следовательно, поражение стволов осины ядровой гнилью от ложного осинового трутовика не связано с их размерами и не зависит от очищаемости стволов от сучьев, поскольку количество отмерших сучьев у пораженных гнилью и здоровых деревьев статистически не различимо (табл. 1 и 2).

Из табл. 3 видно, что в заболонной (III) части стволов, как менее подверженной каким-либо изменениям, данные плотности древесины не различаются ни на высоте 1,3 м, ни на высоте 4 м как у деревьев без признаков развития гнили, так и с плодовыми телами. Стволы же осины со скрытым развитием гнили и с наличием красно-бурого ядра в этой зоне отличаются повышенной плотностью. В центральной (I) зоне\* плотность здоровых частей древесины у деревьев

\* По ГОСТу 2140—71 древесина с ядровой гнилью характеризуется пониженной твердостью и ненормальной окраской. Изменение твердости (плотности) древесины легко обнаруживается по ее выкрашиванию.

Таблица 3

Категории деревьев по состоянию древесины	Плотность древесины ствол-двойчаток осины, кг/м <sup>3</sup>					
	на высоте 1,3 м			на высоте 4 м		
	I	II	III	I	II	III
Без признаков развития гнили	402,95 ± 7,00	400,74 ± 4,62	391,95 ± 4,37	375,81 ± 4,66	369,09 ± 3,84	377,91 ± 3,56
С наличием красно-бурого ядра	—	429,66 ± 9,43	401,50 ± 6,02	—	375,00 ± 14,64	388,20 ± 6,29
С водослоем	390,80 ± 11,12	402,01 ± 9,11	399,01 ± 8,11	363,01 ± 8,03	363,58 ± 4,89	377,67 ± 5,00
Со скрытым развитаем гнили	408,25 ± 14,27	398,08 ± 6,51	411,06 ± 7,00	378,40 ± 9,01	372,88 ± 5,30	387,24 ± 6,31
С плодowymi телами	403,55 ± 6,92	399,41 ± 4,81	390,76 ± 4,11	363,55 ± 5,82	375,50 ± 4,88	376,70 ± 3,47

Примечание. I — часть древесины (10%), ближайшая к сердцевине; II — средняя часть древесины керна (30%); III — часть древесины (60%), ближайшая к коре.

всех категорий также мало-различима. Исключение составляет древесина с водослоем, отличающаяся незначительной плотностью (390,80 кг/м<sup>3</sup> на высоте 1,3 м и 363,01 кг/м<sup>3</sup> на высоте 4 м). Однако это различие скорее всего связано с небольшим числом образцов древесины (7 шт.), чем с действительным ее состоянием\*. По этой же причине, вследствие браковки данных, в табл. 3 не указана плотность древесины с наличием красно-бурого ядра в центральной зоне. Несмотря на это, следует заметить, что образование этого порока, как правило, сопровождается повышением плотности древесины (зоны II, III в табл. 3), о чем уже сообщалось ранее [1].

На основании проведенных исследований можно сделать заключение, что деревья осины поражаются ядровой гнилью независимо от их размеров и плотности древесины.

\* Тем не менее значения плотности древесины, указанные в табл. 3, определены с точностью, не превышающей 4%.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. А. Влияние почвенно-грунтовых условий на плотность древесины осины. — Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 6, Л., ЛТА, 1977, с. 20—27. [2]. Данилин М. А. Влажность и плотность древесины осины с учетом пола. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 2, с. 34—37. [3]. Ильин А. М. Объемный вес древесины мужских и женских особей осины за вегетационный период. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4, с. 25—27. [4]. Мелехов И. С. Значение типов леса и лесораскительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств. — «Труды Института леса АН СССР», М.—Л., 1949, т. 4, с. 11—20. [5]. Полубояринов О. И. Оценка качества древес-

ного сырья. Л., ЛТА, 1971. 70 с. [6]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. Л., ЛТА, 1973.

Поступила 19 мая 1978 г.

УДК 536.244

## ТЕПЛОВЫЕ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРИДОРНЫХ ОРЕБРЕННЫХ ПУЧКОВ ДЛЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

В. Б. КУНТЫШ, А. Э. ПИИР, В. Г. ЗАЙЦЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты экспериментального исследования теплоотдачи и сопротивления трехрядных коридорных пучков биметаллических труб с накатными алюминиевыми ребрами, которые моделируют трубные пучки воздухонагревателей лесосушильных камер.

В лесосушильных камерах для нагрева сушильного воздуха применяют, как правило, сантехнические калориферы, теплоотдающая поверхность которых состоит из труб с поперечными навитыми или насадными ребрами. Несущие трубы и ребра выполнены из углеродистых сталей, интенсивно корродирующих в среде с высокой влажностью и температурой воздуха. Срок службы их 2—3 года. Теплоотдающая поверхность сантехнических калориферов характеризуется пониженной тепловой эффективностью [2], повышенным термическим сопротивлением теплопереходу между несущей трубой и оребрением.

В работе [2] обоснована перспективность применения труб с накатными по методу ВНИИМЕТМАШа алюминиевыми ребрами в качестве теплообменной поверхности для калориферов. Несущая стальная труба снаружи защищена от коррозии сплошной ребристой оболочкой из алюминия, надежно противостоящего сушильной среде камер пилотериалов. Тепловые и аэродинамические характеристики малорядных коридорных пучков из таких труб, применение которых в калориферах лесосушильных камер ограничено напором осевых вентиляторов, изучены недостаточно полно [1, 3].

Поэтому нами создана экспериментальная установка и исследованы теплоотдача и аэродинамическое сопротивление малорядных пучков из биметаллических труб с накатными алюминиевыми ребрами, серийно выпускаемых Таллинским машиностроительным заводом им. Лауристана.

Установка (рис. 1) представляет аэродинамическую трубу разомкнутого типа постоянного сечения 300×300 мм, состоящую из стабилизирующего участка I, рабочего участка II с установленным в нем трубным пучком 17 и измерительного участка III. Воздух подавался в трубу с помощью центробежного вентилятора 11 типа Ц-14-45 № 4 производительностью 6000 м<sup>3</sup>/ч при полном напоре 2000 Па. Приводом вентилятора служил асинхронный электродвигатель 1 мощностью 5,5 кВт, напряжением 380 В, с числом оборотов 1450 об/мин. Расход воздуха через трубу изменялся с помощью шиберов 2, установленного на напорном патрубке вентилятора.

Динамический напор воздуха измеряли трубкой Прандтля 14, расположенной в центре сопла 15 и соединенной с микроманометром 3 типа ММН-240. Расход воздуха определяли по его осевой скорости в сопле с учетом предварительно найденного коэффициента поля скорости для рабочего диапазона установки.

Аэродинамическое сопротивление пучка вычисляли по разности статических давлений до пучка и за ним; давления измеряли соответственно трубками Прандтля 9, 16, которые соединялись с микроманометром 4 типа ММН-240. Температуру воздуха до пучка и за ним измеряли с помощью ртутных лабораторных термометров 10, 13 с ценой деления 0,1°С.

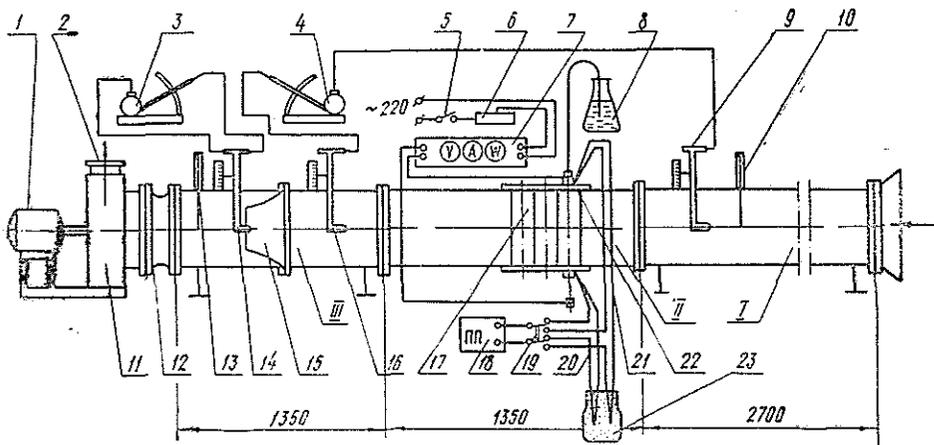


Рис. 1.

Для изучения теплоотдачи применен пароэлектрический калориметр 22 кипящего типа, подробно описанный в работе [3]. Подводимую к калориметру электрическую мощность определяли по ваттметру класса 0,5 измерительного комплекта 7 типа К-50.

Температуру поверхности калориметра у основания ребер определяли по показаниям хромель—копелевых термопар, размещенных с обоих концов трубки на угловом расстоянии 95—100° от лобовой точки, в которой местная и средняя температуры стенки совпадали. ЭДС термопар отсчитывали по потенциометру 18 типа ПП-63 класса 0,05.

На рис. 1 внесены также следующие обозначения: 5 — электропускатель; 6 — ползуновый реостат; 8 — гидрозатвор; 12 — эластичная вставка; 19 — многоточечный переключатель; 20, 21 — термопары; 23 — сосуд Дьюара.

Теплоотдачу исследовали локальным моделированием, при котором обогревалась только измерительная трубка-калориметр, устанавливаемая в центре каждого поперечного ряда пучка. Приведенный коэффициент теплоотдачи  $i$ -го ряда пучка  $\alpha_i$  подсчитывали так:

$$\alpha_i = \frac{Q_i}{F(t_{ст. i} - t'_в)} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}),$$

где  $t_{ст. i}$  — средняя температура поверхности калориметра у основания ребер;

$t'_в$  — температура набегающего на пучок воздуха;

$F$  — полная наружная теплоотдающая поверхность калориметра;

$Q_i$  — тепло, переданное конвекцией воздуху от калориметра.

Тепло  $Q_i$  подсчитывали по электрической мощности  $W_i$  калориметра путем вычитания из нее потерь энергии на разложение воды, на лучистый теплообмен, а также торцевых потерь [3].

Опытные данные обрабатывали в критериях подобия

$$\text{Nu}_i = \frac{\alpha_i d_0}{\lambda}; \quad \text{Re} = \frac{w d_0}{\nu}; \quad \text{Eu} = \frac{\Delta P}{\rho w^2},$$

где  $w$  — скорость в узком поперечном сечении пучка;

$\Delta P$  — перепад статического давления воздуха на пучке.

Константы воздуха  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $\rho$  принимали по его средней температуре в пучке.

Исследовали трехрядные коридорные пучки из биметаллических труб следующих размеров: диаметр по оребрению  $d = 56$  мм; несущий диаметр (у основания) ребра  $d_0 = 28$  мм; высота  $h$ , шаг  $t$  и средняя толщина  $\Delta$  ребра соответственно равны 14; 3 и 0,75 мм; коэффициент оребрения  $\varphi = 15,23$ ; несущая труба диаметром  $25 \times 2$  мм выполнена из стали 10; ребра алюминиевые накатные двухзаходные. Характеристики пучков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер пучка	Шаг, мм		Постоянные коэффициенты							
	$S_1$	$S_2$	$C_i$ для ряда		$C$	$C_1$	$n_1$	$C_2$	$n_2$	$Re' \times 10^{-3}$
			1-го	2-, 3-го						
<i>I</i>	58	58	0,153	0,0361	0,0586	2,84	0,4	0,853	0,27	10,5
<i>II</i>	58	63,5	0,15	0,0359	0,0579	2,87	0,4	0,422	0,2	14,5
<i>III</i>	58	69	0,148	0,0359	0,0576	3,07	0,4	0,443	0,2	16,0
<i>IV</i>	63,5	63,5	0,136	0,0311	0,0509	2,06	0,4	0,290	0,2	18,0

На рис. 2 изображены опытные данные по теплоотдаче разных рядов пучков *I—IV*. Из рис. 2 видно, что стабилизация условий теплообмена наступает уже со 2-го ряда для всех пучков, теплоотдача 2- и 3-го рядов описана одной прямой. Теплоотдача 1-го ряда при  $Re < 15\,000$  выше, а при  $Re > 15\,000$  ниже теплоотдачи 2- и 3-го рядов. Это вызвано меньшим углом наклона кривой  $Nu = f(Re)$  для 1-го ряда; величина этого угла зависит от турбулентности набегающего потока воздуха.

Средняя теплоотдача 1-го ряда обобщена критериальным уравнением

$$Nu_1 = C_i Re^{0,6}. \quad (1)$$

Средняя теплоотдача 2- и 3-го рядов описана критериальным равенством

$$Nu_{2,3} = C_i Re^{0,75}, \quad (2)$$

где значения  $C_i$  принимали из табл. 1.

Для нескольких значений  $Re$ , достигнутых в опыте, по уравнениям (1) и (2) вычисляли числа  $Nu_i$  для 1-, 2- и 3-го рядов пучка. Тогда средняя величина теплоотдачи, соответствующая данному  $Re$ , имеет вид

$$Nu = \frac{Nu_1 + 2Nu_{2,3}}{3}, \quad (3)$$

здесь  $Nu = \frac{\alpha d_0}{\lambda}$  ( $\alpha$  — средний коэффициент теплоотдачи пучка).

Критериальное уравнение средней теплоотдачи пучка

$$Nu = C Re^{0,7}, \quad (4)$$

где постоянную  $C$  брали из табл. 1.

Увеличение продольного шага  $S_2$  от 58 до 69 мм при  $S_1 = \text{const}$  не оказывает влияния на теплоотдачу (пучки *I—III*). Возрастание поперечного шага  $S_1$  от 58 до 63,5 мм при  $S_2 = \text{const}$  снижает теплоотдачу пучка на 14% (пучки *II, IV*).

На рис. 3 приведены данные по аэродинамическому сопротивлению пучков *I—IV*. Значения  $Eu/\varphi$  даны для трех рядов. Особенность аэродинамического сопротивления — изменение тангенса угла наклона

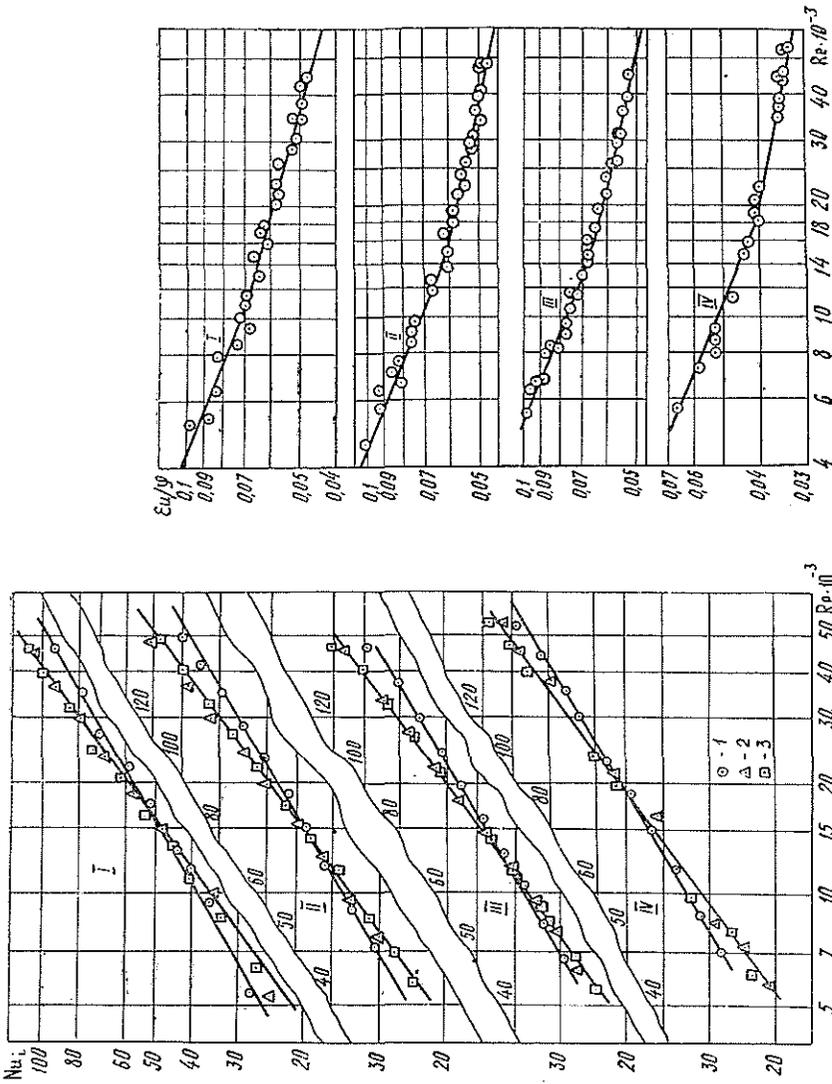


Рис. 2.

I, II, III, IV — номера пучков (по табл. 1);  
1, 2, 3 — номера рядов.

Рис. 3.

I, II, III, IV — номера пучков (по табл. 1)

кривых  $Eu/\varphi = f(Re)$  от  $-0,4$  для всех пучков до  $-0,27$  для пучка I и до  $-0,2$  для пучков II—IV. Излом кривых возникает при числе Рейнольдса, равных  $Re'$ . Это — отражение внутренних изменений аэродинамики потока воздуха в межтрубном пространстве.

Увеличение шага  $S_2$  от 58 до 69 мм при  $S_1 = \text{const}$  вызвало рост сопротивления пучка лишь на 8% (пучок III по сравнению с пучком I). Изменение же шага  $S_1$  от 58 до 63,5 мм при  $S_2 = \text{const}$  (пучки I, IV) уменьшило сопротивление пучка на 40%.

Сопротивление пучков вычисляли по следующим критериальным уравнениям:

$$\text{для } Re \leq Re' \quad Eu = C_1 \varphi Re^{-n_1}; \quad (5)$$

$$\text{для } Re \geq Re' \quad Eu = C_2 \varphi Re^{-n_2}. \quad (6)$$

Постоянные  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $n_1$  и  $n_2$  даны в табл. 1.

Уравнения (1)—(6) действительны для пучков труб исследованных параметров в диапазоне  $Re = (5 \div 60) \cdot 10^3$ .

Тепловые и аэродинамические характеристики пучков I—IV существенно различны. Возникает вопрос, которому пучку отдать предпочтение? Для ответа на этот вопрос на рис. 4 мы графически изобразили зависимость среднего коэффициента теплоотдачи пучков I—IV от удельной затраты мощности  $N_0$  (рассчитанной по работе [1]) на перемещение воздуха через межтрубное пространство. Крайние сопряженные значения  $\alpha$  и  $N_0$  на рис. 4 соответствуют скорости воздуха во фронтальном сечении пучка приблизительно равной 1,5 и 6 м/с. В координатах  $\alpha = f(N_0)$  данные тепловой эффективности пучков I—III с точностью 3% представлены одной линией; теплоотдача пучка IV на 10% ниже теплоотдачи пучков I—III во всем диапазоне изменения  $N_0$ .

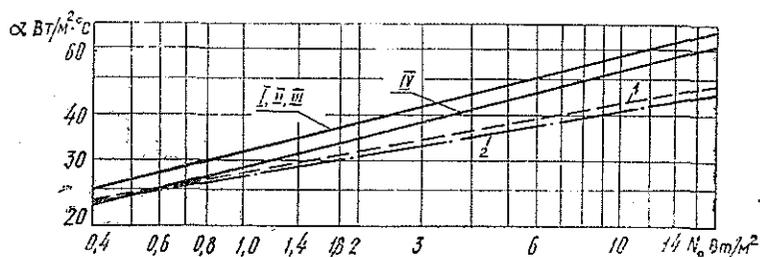


Рис. 4.

I, II, III, IV — номера пучков (по табл. 1); I — для калорифера СТД; 2 — для КВБ.

На этом же рисунке по данным [2] нанесены значения тепловой эффективности теплоотдающих поверхностей серийных калориферов СТД и КВБ. Коэффициенты теплоотдачи их при  $N_0 = 0,5$  Вт/м<sup>2</sup> на 6—9% ниже, а при  $N_0 = 18$  Вт/м<sup>2</sup> на 46—50% ниже по сравнению с теплоотдачей пучков I—III; последние — наилучшие в группе исследованных.

Все изученные типы оребренных пучков характеризуются повышенной интенсивностью теплоотдачи по сравнению с серийными поверхностями калориферов лесосушильных камер при одинаковых расходах энергии на перемещение сушильного воздуха через межтрубное пространство и обладают высокой коррозионной устойчивостью. Поскольку пучок I имеет наибольший коэффициент компактности  $\Pi = 400$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> по сравнению с остальными пучками, то его рекомендуем для разработки новой модели воздухонагревателя.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антуфьев В. М. Эффективность различных форм конвективных поверхностей нагрева. М.—Л., «Энергия», 1966. [2]. Кунтыш В. Б., Иохведов Ф. М. Выбор эффективной поверхности нагрева для создания компактного воздухонагревателя (калорифера). — ИВУЗ, «Энергетика», 1970, № 5, с. 68—72. [3]. Кунтыш В. Б., Пиир А. Э., Егоров А. И., Федотова Л. М., Шмеркович В. М. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб. — ИВУЗ, «Энергетика», 1977, № 12, с. 89—93.

Поступила 9 июня 1978 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.992.3

**ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛИГНИНА  
В РАСТВОРИТЕЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ  
ПОЛЯРОГРАФИРОВАНИЕ В СМЕШАННОМ И АПРОТОННОМ  
РАСТВОРИТЕЛЯХ***Э. И. ЕВСТИГНЕЕВ, Л. В. БРОНОВ, В. М. НИКИТИН*

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что наибольшее число волн восстановления и полное устранение адсорбции наблюдается при полярографировании лигнина в диметилсульфоксиде на фоне перхлората тетрабутиламмония.

Нами [6] было установлено, что при полярографировании лигнина в водных щелочных растворах он адсорбируется на ртутном капельном электроде, что значительно затрудняет процесс восстановления.

В нейтральных и особенно кислых водных растворах лигнин практически не полностью растворим, поэтому невозможно определить зависимость полярографических характеристик лигнина от рН среды. Кроме того, многообразие функциональных групп лигнина требует использования широкого диапазона потенциалов восстановления. В чисто водных щелочных растворах они ограничены потенциалом разряда катиона применяемого основания ( $\sim -2,2$  В). Поэтому выбор подходящего растворителя для изучения полярографических характеристик лигнина особенно важен.

В данной статье приведены результаты исследования по восстановлению лигнина на ртутном капельном электроде (РКЭ) в смешанном (диоксан : вода = 9 : 1) и апротонном (диметилсульфоксид) растворителях.

Основные преимущества полярографирования в органических растворителях по сравнению с водной средой — увеличение растворимости многих деполаризаторов, снижение адсорбции, возможность достижения значительно больших отрицательных потенциалов, исключение процессов протонизации (чем значительно упрощается электрохимическая реакция), увеличение обратимости и т. д. [1, 7].

Полярографирование в неводной и смешанной средах имеет ряд особенностей. На предельные токи и потенциалы в этих средах существенно влияют вязкость, диэлектрическая проницаемость, специфические взаимодействия с растворителем.

В данной работе мы использовали диоксан, так как в литературе обнаружили поправки для измерения значений рН водно-диоксановой смеси на рН-метре, откалиброванном по водным стандартам [4]. Методика приготовления растворов и измерений рН приведена нами ранее [5]. Диметилсульфоксид, обладающий, вероятно, наибольшей растворяющей способностью к различным препаратам лигнина, применен в качестве апротонной среды.

В качестве фонового электролита во всех опытах использовали перхлорат тетрабутиламмония с концентрацией 0,3 М. Полярограммы записывали в переменноточковом режиме, поскольку на классических полярограммах, полученных в предварительных экспериментах, волны восстановления плохо выражены, поэтому не удается точно определить предельный ток и потенциал полуволны. Характеристика препарата лиг-

нина и условия записи полярограмм изложены в работе [6]. Диоксан очищали по методу, приведенному в работе [3], диметилсульфоксид — по методу, приведенному в работе [12]. При полярографировании в диметилсульфоксиде использован солевой мост конструкции [9]. Характеристика капилляра: в смешанном растворителе  $t^{1/6} \cdot m^{2/3} = 1,33$ ; в диметилсульфоксиде — 1,25.

На рис. 1 представлены переменноточковые полярограммы лигнина в смешанном незабуференном растворителе на фоне перхлората тетрабутиламмония. Наблюдаются два пика, значительно различающиеся током восстановления, с потенциалами соответственно  $E_{п_1} = -1,06$  и  $E_{п_2} = -1,48$  В.

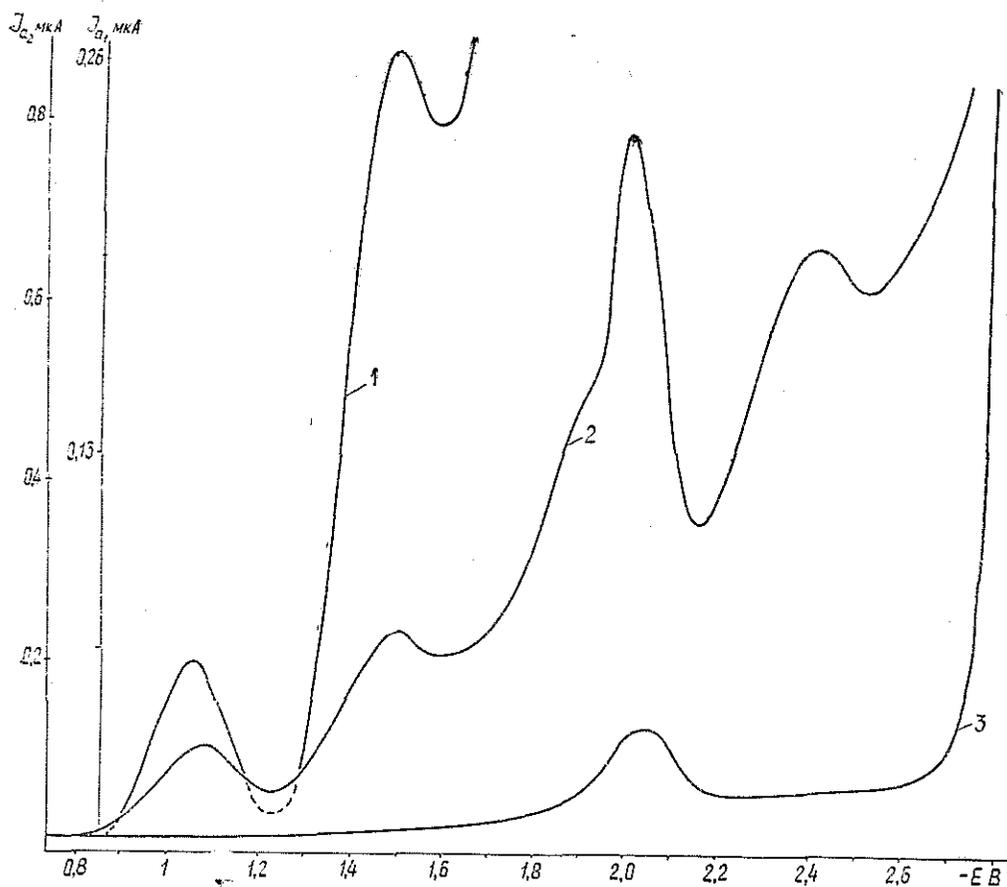


Рис. 1.

1 — диоксан : вода = 9 : 1; 2 — диметилсульфоксид; 3 — фон; концентрация — 5 мг/мл.

Концентрационная зависимость (рис. 2) для обоих пиков линейна, но для второго не уходит в ноль, как этого требует теория для чисто диффузионных процессов [11]. Это может быть связано с другими, помимо диффузионного, ограничениями тока — адсорбционными или кинетическими. Действительно, изменение периода капания (рис. 3) указывает на небольшую адсорбцию, особенно в щелочной среде. Кривая, построенная в нейтральной среде, занимает промежуточное положение между кривыми 2 и 3 и на рисунке не показана [8].

Рис. 2. Концентрационная зависимость тока восстановления лигнина в смешанном растворителе.

1 — для первого пика; 2 — для второго пика.

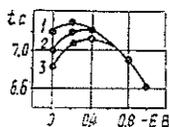
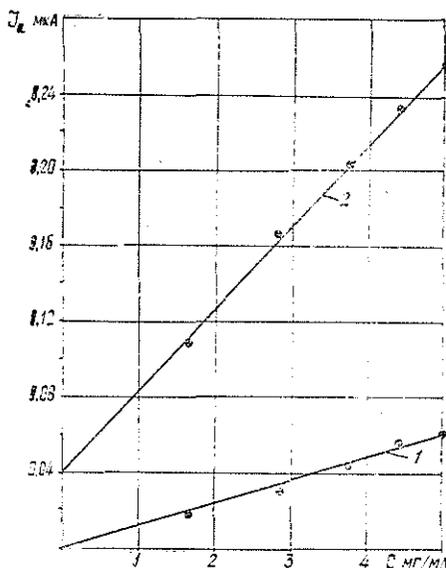


Рис. 3. Зависимость периода капания ртутного капельного электрода в смешанном растворителе от потенциала.

1 — без лигнина,  $\rho A$  равно 2,7; 6,8; 12,8; 2 — с лигнином,  $\rho A = 2,7$ ; 3 — с лигнином,  $\rho A = 12,8$ ; концентрация — 2,86 мг/мл;  $\rho A$  обозначает pH в единой шкале кислотности.



Адсорбция лигнина из смешанного растворителя значительно меньше, чем из водного раствора NaOH [6], и, по-видимому, существенно не влияет на процесс восстановления. Подтверждение этому — независимость потенциала восстановления от концентрации. В то же время на кривой температурной зависимости тока восстановления (рис. 4) для первого пика при температуре 30°C имеется перегиб. Подобные перегибы типичны для кинетических волн и объясняются переходом кинетической волны в диффузионную [11]. Так, расчет показал, что на участке до 30°C (рис. 4, кривая 1) температурный коэффициент равен 11,58%/°C, а на участке выше 30°C — 3,54%/°C. Для второго пика температурный коэффициент равен 2,62%/°C. Даже при температуре 50°C оба пика еще не достигают уровня чисто диффузионного процесса, для которого температурный коэффициент составляет 1,6—1,9%/°C [11].

Кинетическое ограничение тока связано, по всей вероятности, с сольватацией лигнина в системе диоксан — вода. Показано, что в растворах диоксана 1 кг лигнина способен присоединять 0,87 кг диоксана [14].

Важная характеристика процесса восстановления — его зависимость от pH среды. Наличие зависимости  $E$  от pH однозначно свидетельствует об участии протонов в электрохимической реакции как для обратимого, так и для необратимого процессов [11]. Обычно с увели-

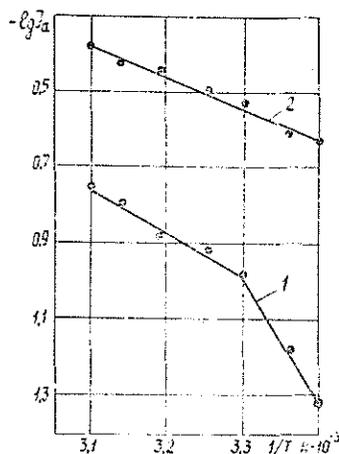


Рис. 4. Влияние температуры на ток восстановления лигнина в смешанном растворителе.

1 — для первого пика; 2 — для второго пика.

чением рН потенциал восстановления смещается в отрицательную сторону, поскольку с возрастанием основности уменьшается предшествующая протонизация деполаризатора [10]. Если деполаризатор содержит группы, способные к диссоциации, то на кривой в определенной области рН имеются перегибы.

На рис. 5 приведена зависимость потенциала первого пика восстановления лигнина от рН среды, полученная в смешанном растворителе с использованием универсального буфера и гидроокиси тетрабутиламония [5]. Второй пик в забуференном растворителе маскируется током разряда фона.

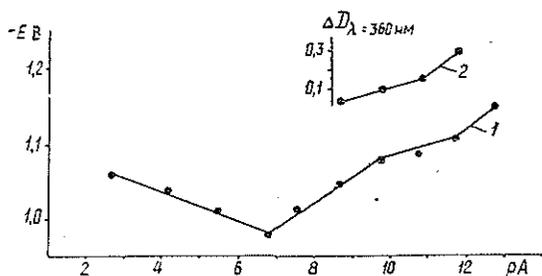


Рис. 5

1 — изменение потенциала, концентрация — 5 мг/мл; 2 — изменение оптической плотности исследуемых растворов при  $\lambda = 360$  нм; концентрация 0,05 мг/мл.

Можно заметить, что при переходе из кислой области в нейтральную потенциал смещается в положительную сторону. Такое явление можно объяснить, предположив возможность образования внутримолекулярной водородной связи (ВМВС) между электрохимически активной и соседней гидроксильной группами, что облегчает восстановление. Такое предположение для лигнина вполне оправдано, поскольку выяснено, что водородные связи в самом лигнине могут образовываться и влиять на его физико-химические свойства [15].

Показано, что смещение потенциала восстановления в положительную сторону, за счет образования ВМВС, происходит в кислых и нейтральных средах при сопоставлении  $E_{1/2}$  соединений, содержащих О—ОН группы и без них [2].

Экспериментальное доказательство правильности высказанного предположения — зависимость, полученная нами в тех же условиях для розоловой кислоты. Эта кислота содержит два фенольных гидроксила, удаленных от реакционного центра, поэтому в данном случае образование ВМВС невозможно. С увеличением рН потенциал восстановления смещается в отрицательную сторону, с наклоном  $\sim 60$  мВ на единицу рН.

Следовательно, на потенциал восстановления лигнина при увеличении рН влияют два противоположно направленных процесса: уменьшение протонизации, смещающее  $E_n$  в отрицательную сторону, и образование ВМВС, смещающее  $E_n$  в положительную сторону. Зависимость на рис. 5 отражает суммарный эффект влияния этих факторов. Об этом же говорит сравнительно небольшой наклон кривой на обоих участках ( $\sim 30$  мВ на единицу рН).

В щелочной области на кривой появляется перегиб, связанный с диссоциацией фенольного гидроксила. На это указывает появление при этих рН полосы поглощения с  $\lambda = 360$  нм в дифференциальных УФ-спектрах изучаемых растворов, изменение оптической плотности которой приведено на рис. 5 (кривая 2). Кривая 2 построена по данным из работы [5].

Как уже отмечалось, наиболее четкие полярографические характеристики деполаризатора, не осложненные адсорбцией и протонизацией, можно получить, используя апротонные растворители [1]. Кроме того, в неводных растворах на фоне замещенных солей тетраалкил-аммония достигаются более отрицательные значения потенциалов [13].

Это иллюстрирует рис. [1], на котором показана полярограмма лигнина в диметилсульфоксиде на фоне перхлората тетрабутиламмония.

Регистрируются четыре пика восстановления в широком диапазоне потенциалов. Первые два пика, записанные при большей чувствительности прибора, подобны таковым в смешанном растворителе (рис. 1). Ширина пиков на полувысоте ( $S_{п_1} = 241$  мВ,  $S_{п_2} = 282$  мВ,  $S_{п_3} = 166$  мВ,  $S_{п_4} = 415$  мВ) указывает на необратимость процесса. Адсорбция лигнина на электроде не наблюдается, на что указывает идентичность периода капания РКЭ с лигнином и без него.

Таблица 1

Полярографические характеристики лигнина Пеппера ели в растворителях различной природы

Растворитель	$-E_{п_1}$	$I_{п_1} \cdot 10^{-1}$	$-E_{п_2}$	$I_{п_2} \cdot 10^{-1}$	$-E_{п_3}$	$I_{п_3} \cdot 10^{-1}$	$-E_{п_4}$	$I_{п_4} \cdot 10^{-1}$
Водный 0,1 н. NaOH	1,47	0,83						
Диоксан : вода = 9 : 1	1,06	0,03	1,48	0,15				
Диметилсульфоксид	1,09	0,08	1,48	0,17	2,05	0,53	2,44	0,46

Примечание.  $E$  выражено в вольтах относительно НКЭ (насыщенный каломельный электрод);  $I$  — в  $\text{мкА} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{мл} \cdot \text{мг}^{-2/3}$ .

Потенциалы восстановления представлены в табл. 1. Токовые константы рассчитаны по формуле из работы [12]

$$I = \frac{I_a}{ct^{2/3} t^{2/3}}$$

где  $I$  — удельная токовая константа;  
 $I_a$  — высота пика, мкА;  
 $c$  — концентрация лигнина, мг/мл;  
 $m$  — масса вытекающей ртути, мг/с;  
 $t$  — период капания, с.

Приведены удельные токовые константы, поскольку лигнин, являясь полидисперсным полимером, не обладает строго определенной молекулярной массой, поэтому концентрации выражены в мг/мл.

Из данных табл. 1 можно заметить, что в органических растворителях потенциалы восстановления и токовые константы близки между собой. В водном растворе NaOH потенциал заметно смещен в отрицательную сторону, что типично для водных щелочных растворов.

Таким образом, полярографические характеристики лигнина существенно зависят от природы растворителя. Процесс восстановления на РКЭ протекает необратимо. В водной и водно-органической среде лигнин адсорбируется на РКЭ в широком диапазоне значений рН. Потенциал пика восстановления — функция рН.

Полное устранение адсорбции и наибольшее число волн, отражающих, по-видимому, восстановление различных функциональных групп лигнина, наблюдаются при полярографировании лигнина в диметилсульфоксиде на фоне перхлората тетрабутиламмония. В связи с этим

значительно расширяются возможности применения полярографического метода как для изучения изменений функционального состава лигнина при различных обработках, так и для аналитических целей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Безуглый В. Д., Страдынь Я. П. Некоторые проблемы полярографии органических веществ в неводных средах. — В кн.: Электросинтез и механизм органических реакций. М., «Наука», 1973. 292 с. [2]. Безуглый В. Д., Шаповалов В. А. Влияние водородной связи на реакционную способность. — В кн.: Полярография. Проблемы и перспективы. Рига, «Зинатне», 1977. 416 с. [3]. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М., «Мир», 1976. 542 с. [4]. Гринева Н. Ф. Термодинамика хлористого водорода и кислотность растворов в смесях диоксиана с водой. Дис. на соиск. учен. степени канд. хим. наук. Харьков, 1974. 153 с. [5]. Евстигнеев Э. И., Никитин В. М. — Тезисы докладов на Всесоюзном семинаре по ИК- и УФ-спектроскопии древесины и лигнина. Рига, «Зинатне», 1977. 234 с. [6]. Евстигнеев Э. И., Бронов Л. В., Никитин В. М. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1978, № 5. [7]. Жданов С. И. Некоторые аспекты полярографии в органических растворителях. — В кн.: Полярография. Проблемы и перспективы. Рига, «Зинатне», 1977. 416 с. [8]. Измайлов Н. А. Электрохимия растворов. М., «Химия», 1976. 488 с. [9]. Косматый Е. С., Третьяк М. Г. — «Электрохимия», 1968, т. 4, вып. 12, с. 1463—1464. [10]. Майрановский С. Г. Каталитические и кинетические волны в полярографии. М., «Наука», 1966. 288 с. [11]. Майрановский С. Г., Страдынь Я. П., Безуглый В. Д. Полярография в органической химии. Л., «Химия», 1975. 352 с. [12]. Манн Ч. Неводные растворители в электрохимии. — В кн.: Электрохимия металлов в неводных растворах. М., «Мир», 1974. [13]. Манн Ч., Барнес К. Электрохимические реакции в неводных системах. М., «Мир», 1974. 480 с. [14]. Некрасов В. В. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1, с. 168—169. [15]. Lindberg I. I. — Paperi Puu, 1960, v. 42, 193—196.

Поступила 24 апреля 1978 г.

УДК 676.11.082

### ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ СУЛЬФАТНЫХ ЩЕЛОКОВ

В. Г. КРУНЧАК, И. М. БОХОВКИН, К. Г. БОГОЛИЦЫН,

В. В. ПАЛЬЧЕВСКИЙ, Т. И. ЛЬВОВА

Архангельский лесотехнический институт

Исследована пригодность потенциометрического метода для определения восстановительной емкости сульфатных черных щелоков целлюлозно-бумажного производства, а также его некоторых компонентов и модельных веществ.

В работах [1—3] для определения восстановительной емкости промышленных сред ЦБП нами был предложен потенциометрический метод, основанный на измерении ЭДС в процессе взаимодействия избытка обратимой окислительно-восстановительной системы с анализируемой пробой. В качестве обратимых окс.-ред. систем использовали ферри — ферроцианид калия, церри — церро (соли сульфата церия).

В данной статье рассмотрена пригодность потенциометрического метода для определения восстановительной емкости сульфатных черных щелоков целлюлозно-бумажного производства, а также его некоторых компонентов и модельных веществ. Одновременно изучена возможность использования этого метода для оценки изменения компонентного состава черного щелока.

Под восстановительной емкостью понимают количество г-эквивалентов окислителя, израсходованное за строго фиксированное время на окисление одного литра (грамма) анализируемого вещества. В связи с этим величина восстановительной емкости характеризует способ-

ность исследуемого объекта вступать в окислительно-восстановительные реакции. Значение восстановительной емкости черного щелока и его компонентов особенно важно для оптимизации технологических процессов его каталитического окисления, например озоном, и биологической очистки сточных вод сульфат-целлюлозного производства.

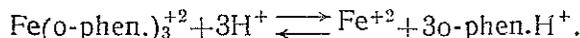
Методика измерения ЭДС и расчета восстановительной емкости изложена в работе [1]. В качестве обратимых окс.-ред. систем использовали ферри—ферроцианид калия, церро — церри и феррини—ферроини  $[\text{Fe}(\text{o-phen.})_3^{+2} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{o-phen.})_3^{+3} + \text{e}^-]$ ,  $E^\circ_{\text{1 M H}_2\text{SO}_4} = 1,06 \text{ В}$ . Окс.-ред. системы брали в избытке таким образом, чтобы величина скачка потенциала за время анализа не превышала 20—100 мВ. Данное условие обеспечивало воспроизводимость скачка потенциала в параллельных пробах с точностью 0,5—1,0 мВ.

В работе [2] представлена таблица значений восстановительной емкости по системам ферри—ферроцианида калия и церри — церро для некоторых фенольных соединений и сахаров. Физико-аналитические характеристики систем ферри — ферроцианида калия и церри — церро приведены в работе [1].

Большинство комплексообразователей имеет устойчивые комплексы преимущественно с окислительной формой металла. Однако есть ряд соединений, стабилизирующих восстановленную форму металла. К таким комплексообразователям относятся о-фенантролин и его производные, 2,2'-дипиридил, 2,2', 2''-терпиридил и т. д. [4]. Введение о-фенантролина повышает окислительный потенциал системы  $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$  с 771 до 1060 мВ, что связано с образованием устойчивого, не окисляющегося на воздухе растворимого комплекса  $\text{Fe}(\text{o-phen.})_3^{+2}$ , где



Вопреки принципу ступенчатости комплексообразования, моно- и особенно дифенантролиновый комплексы  $\text{Fe}(\text{II})$  неустойчивы и реализуются только при очень большом избытке  $\text{Fe}(\text{II})$  по отношению к фенантролину [12, 13]. Сильными окислителями (такими как хлор,  $\text{KMnO}_4$ , соли  $\text{Ce}^{+4}$ ) красные растворы ферроина  $[\text{Fe}(\text{o-phen.})_3]^{+2}$  количественно окисляются в синие растворы феррина  $[\text{Fe}(\text{o-phen.})_3]^{+3}$ . Реакция полностью обратима, что служит основой для применения ферроина в качестве обратимого индикатора при титровании окислителями с высоким окислительным потенциалом [9]. Окислительный потенциал и устойчивость системы зависят от концентрации кислоты. Наилучшие результаты достигаются при работе системы  $\text{Fe}(\text{o-phen.})_3^{+3}/\text{Fe}(\text{o-phen.})_3^{+2}$  в растворах 2 н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . В кислых растворах ферроина ( $\text{pH} < 2,0$ ) реализуется равновесие



Соотношение  $\text{Fe}^{+2}$  и ферроина зависит от соотношения о-фенантролина и кислоты.

Вид кинетической кривой процесса окисления сульфатного черного щелока имеет кинетический характер, и не отличается от приведенных в работах [1—3]. Для определения полноты информативности измеряемой величины восстановительной емкости черного щелока и его модельных компонентов были проведены предварительные исследования влияния концентрации окислителя, разбавления анализируемого

щелока, уровня окислительного потенциала и концентрации ионов  $\text{OH}^-$  на величину емкости. Необходимо отметить, что разбавление анализируемой пробы щелока даже в 100 раз не сказывается на величине восстановительной емкости  $\Gamma$ . Изменение суммарной концентрации окс.-ред. системы существенно влияет на величину  $\Gamma$  (табл. 1).

Таблица 1  
Окисление сульфатного черного щелока  
ферри—ферроцианидом калия  
( $V = 100$  мл,  $C_{\text{NaOH}} = 1,26$  н.,  $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$ )

$C_{\text{ox}}$ моль/л	$\Gamma$ экв./л	$\Delta E_{\tau=2\text{ч}}$ мВ
0,280	2,3	12,4
0,100	1,7	18,6
0,028	1,4	30,6

Глубина окисления компонентов сульфатного черного щелока определяется уровнем окислительного потенциала эталонной окс.-ред. системы и разницей окислительных потенциалов системы и анализируемой пробы. Для одного из предложенных нами окислителей, при всех прочих стандартных условиях, уровень окислительного потенциала системы легко изменить, изменив отношение концентраций окисленной и восстановленной форм.

Таблица 2  
Восстановительная емкость сульфатного черного щелока для различных эталонных окс.-ред. систем

Эталонная окс.-ред. система	$\Gamma_{\text{ч}}$ г-экв/л	$\Gamma_{2\text{ч}}$ г-экв/л	$\Gamma_{24\text{ч}}$ г-экв/л	$E^0$ мВ	Примечание
Ферри — ферроцианид калия	1,2	1,5	2,7	301,9	$C_{\text{NaOH}} = 1,23$ н. $C_{\text{ox}}^0 = 0,028$ н. $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$ $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 1,0$ $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 0,1$ 0,5 М $\text{H}_2\text{SO}_4$ $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$
	1,0	1,3	2,5	244,5	
	0,8	1,1	2,3	190,8	
	0	0	—	386,0	
Феррин — ферроин	1,1	—	—	838,0	2 М $\text{H}_2\text{SO}_4$ $C_{\text{ox}}^0 = 0,028$ н. $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$
Церри — церро	2,0	—	—	1241,0	0,5 М $\text{H}_2\text{SO}_4$ $C_{\text{ox}}^0 = 0,028$ н. $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$

Как видно из данных табл. 2, начальный уровень окислительного потенциала, например для системы ферро — феррицианида калия, мало сказывается на величине емкости. Интересно, что разница в величине емкости, наблюдаемая в первый час окисления, постоянна в течение всего процесса. Это свидетельствует о наличии в сульфатном щелоке компонентов, существенно отличающихся по окислительным потенциалам. Компоненты щелока с наиболее высокими потенциалами при уменьшении потенциала исходной эталонной системы перестают вступать в окислительно-восстановительные взаимодействия, что приводит к уменьшению емкости. Изменяя соотношение концентраций окисленной и восстановленной форм эталонной системы, можем судить

о количестве компонентов, обладающих наиболее высокими окислительными потенциалами.

Из данных, приведенных в табл. 2, очевидна роль концентрации протона в окислительных процессах. Так, в кислой области ферри—ферроцианид калия не окисляет черный щелок, а емкость, вычисленная по системе ферриин—ферроин, совпадает по величине с емкостью, определенной в сильнощелочной среде по системе ферри—ферроцианид калия, хотя ее начальный потенциал на 537 мВ меньше. Поскольку системы ферриин—ферроин и церри—церро нельзя использовать в щелочных средах, влияние протона на восстановительную емкость было изучено более подробно только на системе ферро—феррицианид калия. Наблюдаемое из данных табл. 3 значительное увеличение емкости с возрастанием концентрации  $\text{OH}^-$  можно связать с двумя наиболее существенными факторами: изменением разности окислительных потенциалов эталонной системы и сульфатного черного щелока и изменением скорости реакции окисления за счет повышения концентрации одного из реагирующих веществ—ионов гидроксидов.

Таблица 3

Восстановительная емкость сульфатного черного щелока при разной кислотности системы ферри—ферроцианид калия ( $V_{\text{общ}} = 100$  мл,  $V_{\text{пробы}} = 0,5$  мл,  $C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0,5$  моль/л,  $C_{\text{ox}}^0 = 0,1$  н.,  $C_{\text{ox}}/C_{\text{red}} = 10$ )

pH	$C_{\text{NaOH}}$ м	$E^0$ мВ	$\Gamma_{2 \text{ ч}}$ г-экв/л	$\Gamma_{24 \text{ ч}}$ г-экв/л
4,95		278,3	0	0
6,65		276,8	0	0
10,10		277,1	0	0,06
	0,063	279,0	0,9	—
	0,123	280,0	1,1	—
	0,315		1,3	—
	0,630		1,4	3,2
	1,260		1,8	3,9
	2,520		2,5	—

Известно, что при увеличении pH среды термодинамическая устойчивость водных растворов органических соединений в отношении окислительно-восстановительного взаимодействия уменьшается и уровень окислительного потенциала, при котором может происходить окисление, понижается. Для обратимых органических окс.-ред. систем, имеющих протоногенные группы, нормальный окислительный потенциал понижается с ростом pH [10] с угловым коэффициентом зависимости  $E = f(\text{pH})$ , равным 59 мВ в случае одноэлектронного перехода. Подобная зависимость окислительного потенциала от pH для черного щелока наблюдалась в работе [6]. Сильное снижение окислительного потенциала щелока при подщелачивании вызывает увеличение разницы между уровнями окислительных потенциалов эталонной системы и компонентов щелока. Это приводит к увеличению числа химических соединений, способных окисляться системой. Увеличение концентрации щелочи не приводит к необратимому химическому разрушению лигнина, так как предварительная обработка щелока 5 н. NaOH в течение 2 ч не изменяет величину емкости при одних и тех же условиях определения. Известно, что необратимое окисление органических соединений состоит не просто в передаче электрона от окислителя, а в присоеди-

нии кислорода к окисляющемуся углероду, и происходит с участием ионов  $\text{OH}^-$  [7]. Являясь участником реакции, гидроксил влияет на скорость окислительно-восстановительной реакции, и значение его концентрации входит в кинетическое уравнение.

При обсуждении величин восстановительной емкости сульфатного черного щелока (или моделей его компонентов) следует указывать концентрацию ионов  $\text{OH}^-$ , концентрацию окисленной формы, соотношение концентраций окисленной и восстановленной форм эталонной системы и продолжительность реакции окисления. Только в этом случае можно сделать заключение об окислительно-восстановительных свойствах различных химических веществ.

Как видно из приведенных абсолютных значений восстановительной емкости сульфатного черного щелока, выбранные условия окисления довольно мягкие. Эти значения в пять-шесть раз меньше величины емкости по бихроматной системе, определяемой по американскому стандарту ХПК, что свидетельствует о малой глубине окисления компонентов. Можно даже предполагать, что некоторые группы органических соединений не окисляются вовсе.

В работах [2, 3] приведены значения восстановительной емкости ряда индивидуальных органических соединений, которые входят в состав сульфатного черного щелока или являются их аналогами. В данной работе мы продолжили эти исследования. С этой целью были рассмотрены органические кислоты (бензойная, винная, малеиновая, лимонная, молочная, яблочная) и ароматические соединения (фенол, гидрохинон и резорцин).

Величины полученных емкостей представлены в табл. 4, из данных которой видно, что степень окисления кислот по сравнению с фенолом и его производными мала. Увеличение концентрации фенола от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  моль/л и окислителя в системе ферри—ферроцианид калия от  $1 \cdot 10^{-2}$  до  $2,8 \cdot 10^{-1}$  моль/л при постоянной концентрации щелочи повышает степень окисления фенола на один порядок. Восстановительная емкость фенола и его производных возрастает на порядок при увеличении рН раствора от 9,0 до концентрации  $\text{NaOH}$  0,63 н. Дальнейшее повышение концентрации щелочи до 1,26 н. практически не сказывается на величине емкости.

Изменение восстановительной емкости кислот носит иной характер. Так, для молочной кислоты увеличение концентрации щелочи приводит к возрастанию восстановительной емкости на один порядок; последняя повышается при дальнейшем подщелачивании (при концентрации  $\text{NaOH}$ , равной 1,26, она в 1,5 раза больше, чем при концентрации 0,63 н.). Влияние концентрации щелочи на скорость окисления молочной кислоты системой ферри—ферроцианида калия особенно сказывается во времени. Сравнение восстановительной емкости фенола и его производных с восстановительной емкостью молочной кислоты при проведении реакции в условиях, когда  $C_{\text{ок}} = 0,28$  н.,  $C_{\text{NaOH}} = 0,63$  н., а время контакта с окислителем 1 и 24 ч, показало, что через 1 ч после начала реакции фенол и его производные потребляют окислителя в 1000 раз больше. Через сутки эта разница сокращается в 10 раз. При концентрации щелочи 1,26 н. в течение суток потребление окислителя молочной кислотой составляет уже только 10% от потребления окислителя фенолами. Если же концентрацию щелочи увеличить до 5 н., то эта разница едва заметна. Данный факт еще раз подчеркивает, что полнота окисления черного щелока системой ферри—ферроцианид калия существенно зависит от условий проведения окисления. В щелоке вначале будут окисляться производные фенола, потом сахара, а

Таблица 4

Восстановительная емкость органических веществ  
в обратимых окс.-ред. системах

Исследуемое вещество	Окс.-ред. система	Длительность контакта системы с пробой, мин	Восстановительная емкость, г-экв/г	Примечание
Винная кислота	Ферри—ферроцианид калия	60	$1,1 \cdot 10^{-2}$	Концентрация кислот 0,01 М; $V_{\text{общ}} = 50$ мл; $C_{\text{Ox}} = 0,01$ н.; $C_{\text{Ox}}/C_{\text{red}} = 10$ ; $C_{\text{NaOH}} = 0,6$ н.; $E_0 = 253$ мВ;
Малеиновая "	"	60	$3,0 \cdot 10^{-3}$	
Лимонная "	"	60	$7,0 \cdot 10^{-3}$	
Яблочная "	"	60	$7,1 \cdot 10^{-3}$	
Фенол	"	60	$8,0 \cdot 10^{-1}$	
Бензойная кислота	Ферри—ферроин	60	$4,5 \cdot 10^{-3}$	Концентрация кислот 0,02 М; $V_{\text{общ}} = 25$ мл; $C_{\text{Ox}} = 0,003$ н.; $C_{\text{Ox}}/C_{\text{red}} = 10$ ; $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2$ н.; $E_0 = 838$ мВ
Яблочная "	"	60	$4,2 \cdot 10^{-3}$	
Винная "	"	60	$2,0 \cdot 10^{-2}$	
Малеиновая "	"	60	$6,3 \cdot 10^{-3}$	
Фенол	"	60	$8,1 \cdot 10^{-1}$	
Гидрохинон	"	60	2,5 · 10	
Резорцин	"	60	2,7 · 10	
Бензойная кислота	Церри—церро	60	$8,0 \cdot 10^{-1}$	Концентрация кислот 0,008 М; фенола 0,001М; $V_{\text{общ}} = 25$ мл; $C_{\text{Ox}} = 0,01$ н.; $C_{\text{Ox}}/C_{\text{red}} = 10$ ; $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,5$ М; $E_0 = 1241$ мВ
Яблочная "	"	60	$4,0 \cdot 10^{-1}$	
Винная "	"	60	$8,0 \cdot 10^{-1}$	
Фенол	"	23	$16,0 \cdot 10^{-1}$	
"	"	60	$16,0 \cdot 10^{-1}$	

затем оксикислоты. Результаты показывают также, что при определении емкости для разных концентраций щелочи по кинетическим кривым можно судить о количественном содержании фенолов, сахаров и оксикислот в сульфатных щелоках.

Феррин, так же как и феррицианид, незначительно окисляет оксикислоты. При окислении гидрохинона наблюдается мгновенное уменьшение потенциала, соответствующее обратимому окислению гидрохинонов до хинона. Дальнейшее слабое изменение потенциала происходит за счет необратимого окисления хинона избытком окислителя.

Такие свойства системы ферроин—феррин, как ограниченная растворимость, устойчивость феррина только в кислых растворах в узком интервале концентрации серной кислоты только в течение 2 ч, не позволяют широко варьировать условия проведения реакции окисления. Поэтому данные о восстановительной емкости, полученные с помощью системы феррин—ферроин, дают гораздо меньше информации для сопоставления процессов окисления исследуемых соединений.

Исходя из литературных данных  $\text{Ce}^{+4}$  должен окислять практически все компоненты сульфатного щелока, исключая муравьиную, уксусную кислоты и другие высшие одно- и двухосновные жирные кислоты. Окисление последних ионами церия также имеет место [8], однако процесс даже в жестких условиях (нагревание, большая концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) протекает чрезвычайно медленно. Кислоты и фенольные соединения заметно окисляются во времени. Временная зависимость

в данном случае может быть обусловлена двумя факторами: собственно окислительно-восстановительными реакциями и комплексобразованием ионов  $\text{Ce}^{+4}$ .

Восстановительную емкость церием определяют всегда в сильно-кислой среде. В этих условиях большинство соединений, имеющих протоногенные группы, находится в недиссоциированной форме. Концентрации исследуемых веществ в реакционной смеси должны быть невелики. Сочетание низкой концентрации исследуемого вещества, которое может выступить в роли лиганда, с высокой кислотностью растворов подавляет процессы комплексобразования. Следует ожидать, что в таких комплексах, даже если они и образуются, происходит внутримолекулярная реакция окисления-восстановления. Скорость окисления координируемого лиганда может значительно отличаться от скорости окисления свободного лиганда. Было показано, например, что наличие карбоксильной группы в молекуле гидроксилсодержащего соединения увеличивает как прочность комплексов таких соединений с  $\text{Ce}^{+4}$ , так и скорость их окислительно-восстановительного распада [5]. Хотя наблюдаемое нами уменьшение потенциала при окислении церием и может быть следствием двух процессов, по мере увеличения времени прохождения реакции окисления исследуемого соединения эффект комплексобразования нивелируется и на конечном результате — скачке потенциала — практически не сказывается. При окислении фенола в реакционной ячейке образуется коричневый осадок. Подобный осадок с ионами  $\text{Ce}^{+4}$  образует ванилин, который количественно осаждает церий при рН растворов 2,5—7,0 [11]. Однако образование твердой фазы не препятствует окислению как модельных соединений, так и лигнина, содержащегося в сульфатном черном щелоке.

Сравнивая восстановительные емкости яблочной и винной кислот, можем отметить, что увеличение числа оксигрупп облегчает окисление оксисоединений, т. е. сохраняется тенденция, наметившаяся при окислении этих кислот системой феррин — ферроин. Тот факт, что фенольные соединения окисляются в первые минуты (табл. 4), можно использовать для отдельного определения фенолов и кислот при их совместном присутствии.

При рассмотрении результатов определения восстановительной емкости различных веществ по термодинамически равновесной системе церри — церро следует отметить следующее. Ввиду очень высокого потенциала возможно окисление самой воды и веществ, адсорбированных на электроде. Поэтому в системе церри — церро на платиновых или других электродах потенциал иногда устанавливается медленно и может меняться во времени. Это свойство церриевой системы не позволяет считать надежными величины восстановительной емкости, рассчитанные из потенциалов, когда от начала реакции прошло меньше 0,5 ч. В связи с этим может наблюдаться невоспроизводимость кинетических кривых окисления. Величины емкости, определенные через 1 ч и более после начала реакции окисления, имеют погрешность не более 5%.

Таким образом, при определении восстановительной емкости сульфатного черного щелока и его компонентов наиболее удобна в эксплуатации окс.-ред. система ферри — ферроцианид калия. На скорость процессов окисления щелока существенно влияет концентрация ионов водорода и гидроксила, в меньшей степени — концентрация окислителя, соотношение концентраций окисленной и восстановленной форм эталонной системы и время реакции окисления.

Наибольшую скорость окисления в сульфатном черном щелоке имеют фенол и его производные, наименьшую — органические кислоты.

Однако с увеличением концентрации гидроксила разница в скоростях окисления резко уменьшается.

Увеличение числа оксигрупп в оксикислотах существенно ускоряет реакции их окисления и увеличивает их восстановительную емкость.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Боголицын К. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости промышленных сред ЦБП. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 3, с. 100—104. [2]. Боголицын К. Г. и др. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости компонентов сульфитных варочных растворов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 4, с. 109—113. [3]. Боголицын К. Г. и др. Исследование кинетики окисления компонентов сульфитных варочных растворов в обратимых окислительно-восстановительных системах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 6, с. 121—127. [4]. Гринберг А. А. Введение в химию комплексных соединений. М., «Химия», 1966. 141 с. [5]. Кендман Д. и др. Реакции координационных соединений переходных металлов. М., 1970, 168 с. [6]. Крунчак В. Г. и др. Исследование окислительных потенциалов сточных вод. — «Бумажная промышленность», 1971, № 10, с. 11—12. [7]. Лейдер К. Кинетика органических реакций М., «Мир», 1966. 208 с. [8]. Михаэлис Л. Окислительно-восстановительные потенциалы. ОНТИ. Гл. ред. хим. лит., М., 1936, 89 с. [9]. Brandt W. W., Smith G. F. Anal. Chem., 1949, vol. 21, p. 1313—1316. [10]. Clark W. M. Oxidation—reduction Potentials of Organic Systems. Baltimore, 1966. 241 p. [11]. Hahn F. L. Begriffsklärung in der pH-Lehre. — «Analyt. Chim. Acta», 1954, vol. 10, N 5, p. 491—493. [12]. Kolthoff J. M., Deussing D. L., Lee T. S. Reaction of Ferrous and Ferric Iron with 1; 10-Phenanthroline. 3. The Ferrous Monophenanthroline Complex and the Colorimetric Determination of Phenanthroline. — «J. Amer. Chem. Soc.», 1950, vol. 72, N 5, p 2173—2177. [13]. Lee T. S., Kolthoff J. M., Deussing D. L. Reaction of Ferrous and Ferric Iron with 1; 10-Phenanthroline. 1. — «J. Amer. Chem. Soc.», 1948. vol. 70, N 5, p. 2348.

Поступила 21 июня 1978 г.

УДК 541.64

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАРБАМИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

В. И. АЗАРОВ

Московский лесотехнический институт

Изучена сравнительная гидролитическая устойчивость гомо- и модифицированных карбамидных полимеров при температурах от 20 до 100°C в водной среде по изменению веса образцов и выделению свободного формальдегида в процессе гидролиза.

К полимерам, применяемым в деревообрабатывающей промышленности для получения материалов и изделий, эксплуатируемых в атмосферных условиях, предъявляют повышенные требования в отношении гидрофобности и влагостойкости. Известно [1, 3, 5], что из всех амидо-альдегидных полимеров карбамидные наиболее чувствительны к влаге. Как предполагают, это обусловлено рядом причин и, прежде всего, малой гидролитической стойкостью амидных и метиленэфирных связей, невысокой степенью сшивки при отверждении, а также гидрофильностью метилольных групп, имеющих в отвержденном полимере.

Ранее [2, 4] нами было показано, что стойкость карбамидных полимеров (а также изделий на их основе) можно значительно повысить путем применения специальных отвердителей, имеющих в своем

составе аминные, эпоксидные и другие реакционноспособные группы. Однако данных о систематических исследованиях гидролитической устойчивости гомо- и, тем более, смешанных карбамидных полимеров в литературе мы не обнаружили.

Поэтому было интересно и полезно провести сравнительные исследования гидролитической стойкости карбамидных полимеров.

В качестве объектов были выбраны карбамидная смола марки УКС, которую отверждали хлоридом аммония  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и аминэпоксидом (АЭ — продукт конденсации м-фенилендиамина и эпихлоргидрина) во всех опытах при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение 10 мин, а также модифицированная эпокси-мочевинформальдегидная смола, синтезированная при молярном соотношении компонентов соответственно 0,3:1:1,8 (ЭМФ-0,3). Исследования проводили в водной среде при температурах от 20 до  $100^\circ\text{C}$  в течение 1 ч, контроль за процессом осуществляли путем анализа экстракта на содержание формальдегида по потере веса образца при гидролизе. Свободный формальдегид в экстракте после опыта определяли сульфитным методом по общепринятой методике. Процентное содержание экстрагированного формальдегида вычисляли по формуле

$$Q = Q_k - Q_n,$$

где  $Q_n$  — процентное содержание формальдегида в пробе до испытания;

$Q_k$  — процентное содержание формальдегида в пробе после испытания.

Нами изучено влияние степени отверждения и дополнительной термообработки полимера после отверждения, а также природы отвердителя и химического строения цепи полимера на водостойкость структурированных карбамидных полимеров.

Из рис. 1, 2 и 3 можно заметить, что меньше всего подвержен гидролизу водой карбамидный полимер, модифицированный аминэпоксидом, в котором в воде до  $50^\circ$  практически не происходит существенных изменений. Общие потери у такого полимера составляют

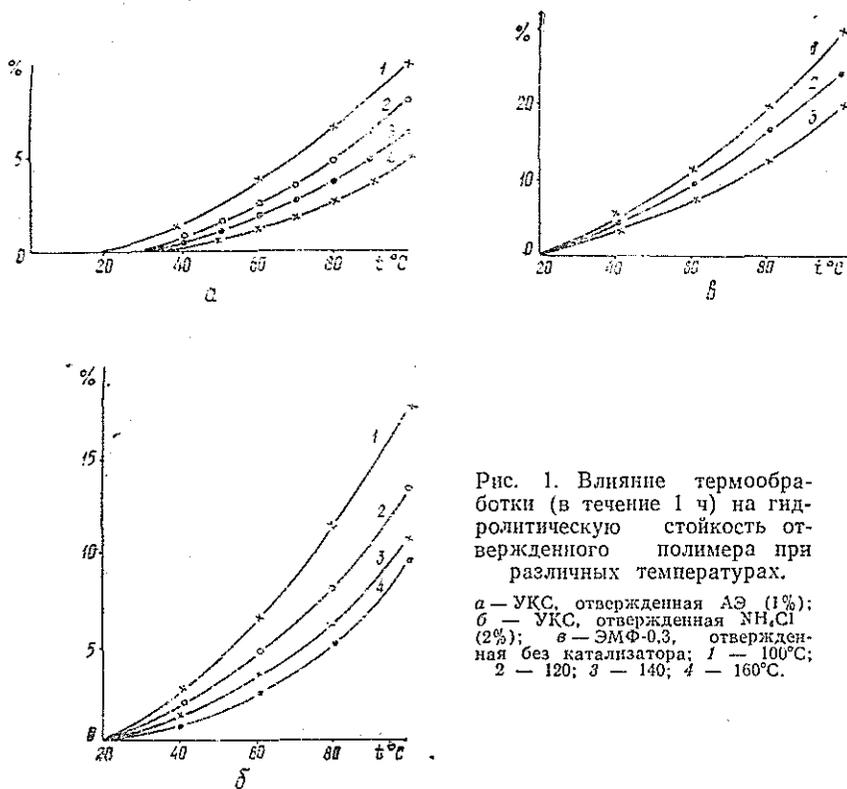


Рис. 1. Влияние термообработки (в течение 1 ч) на гидролитическую стойкость отвержденного полимера при различных температурах.

а — УКС, отверженная АЭ (1%);  
б — УКС, отверженная  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (2%);  
в — ЭМФ-0,3, отверженная без катализатора; 1 —  $100^\circ\text{C}$ ;  
2 — 120; 3 — 140; 4 —  $160^\circ\text{C}$ .

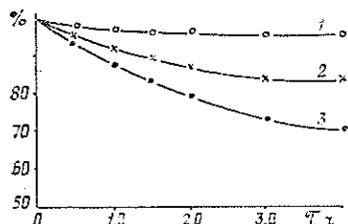


Рис. 2. Зависимость гидролитической стойкости карбамидных полимеров от времени при температуре 80°C.

1 — УКС+АЭ; 2 — УКС+NH<sub>4</sub>Cl; 3 — ЭМФ-0,3.

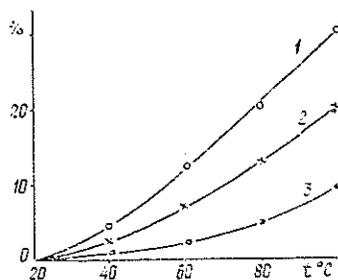


Рис. 3. Зависимость потери веса отвержденных образцов от температуры гидролиза.

1 — ЭМФ-0,3; 2 — УКС+NH<sub>4</sub>Cl; 3 — УКС+АЭ.

5—6% даже после кипячения в воде более 3—4 ч. Значительно увеличивает гидролитическую стойкость карбамидных полимеров и термообработка отвержденных образцов при повышенных температурах. Модификация карбамидных полимеров эпихлоргидрином несколько снижает гидролитическую стойкость.

Таблица 1

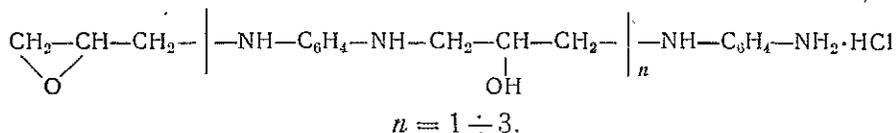
Температура термообработки полимера, °C	Температура гидролиза, °C	Количество экстрагированного формальдегида, %	
		УКС+NH <sub>4</sub> Cl	УКС+АЭ
100	60	1,86	0,50
	80	2,20	0,59
	100	2,60	0,70
120	60	1,32	0,45
	80	1,30	0,46
	100	1,35	0,47
140	60	1,25	0,40
	80	1,28	0,39
	100	1,26	0,40
160	60	—	0,30
	80	—	0,29
	100	—	0,30

Исследования по выделению формальдегида в процессе гидролиза карбамидных полимеров (табл. 1) также указывают на увеличение гидролитической стойкости модифицированной аминоэпоксидом смолы. Причем термообработка даже при 160°C не приводит к полному прекращению выделения свободного формальдегида. Однако стабильность выделения формальдегида при разных температурах указывает на то, что он выделяется не за счет гидролиза полимера. Очевидно, в полимере после отверждения и термообработки находится небольшое количество свободных метилольных групп, которые в процессе испытаний гидролизуются водой с выделением свободного формальдегида.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно предположить, что в процессе термообработки при повышенных температурах (120—160°C) происходит дополнительное структурирование карбамидных полимеров, приводящее к увеличению гидрофобности и сни-

жению выделения свободного формальдегида. Однако значительного улучшения водостойкости путем термообработки достигнуть не удастся. Лучшие результаты в этом отношении дает модификация, например, аминоэпоксидом, когда удается не только увеличить стойкость полимера к гидролизу, но и снизить выделение формальдегида.

Аминоэпоксид имеет следующее химическое строение:



Имея в своей структуре такие реакционные группы, как аминные, гидроксильные и эпоксидные, аминоэпоксид вступает в химическое взаимодействие с карбамидным олигомером, увеличивая его молекулярный вес, участвуя в межмолекулярной сшивке карбамидного полимера и связывая свободный формальдегид, находящийся в смоле. В случае же модификации карбамидных полимеров эпихлоргидрином увеличения гидролитической стойкости не происходит, очевидно, за счет того, что он, вступая в химическое взаимодействие с мочевиной и метилоломочевинами, снижает количество метилольных групп, которые в дальнейшем должны участвовать в отверждении олигомера, и таким образом уменьшает частоту межмолекулярной сшивки. Однако образующиеся гидрохлоридные группы могут участвовать в образовании пространственной сетки, но в этом случае необходим сшивающий агент в виде различных кислот, ангидридов, хлоргидринов изоцианатов и т. д. И действительно такой полимер, отвержденный в присутствии хлорангидрида фталевой кислоты, обладал достаточно высокой водостойкостью (потери в весе при кипячении в течение 1 ч составили 4—5%).

Следовательно, с целью повышения гидролитической стойкости карбамидных полимеров, их необходимо модифицировать так, чтобы в отвержденном полимере было незначительное количество гидрофильных групп, а степень структурирования максимальная. Термообработка полимера после отверждения значительно увеличивает водостойкость только в том случае, если в процессе термообработки в полимере происходят химические реакции, приводящие к увеличению частоты межмолекулярных сшивок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Азаров В. И., Обливин А. Н., Семенов В. И. К вопросу о гидролитической и термической устойчивости карбамидных смол в условиях прессования, акклиматизации и термозакалки. — ИВУЗ, «ДСП», 1975, № 4, с. 103—107. [2]. Азаров В. И., Тришин С. П., Цветков В. Е. Физико-механические свойства фанеры на модифицированных мочевиноформальдегидных смолах. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1976, № 5, 5 с. [3]. Виршица З., Бжезиньский Я. Аминопласты. Пер. с польск. М., «Химия», 1973, с. 200—207. [4]. Цветков В. Е. и др. Модификация карбамидных смол. — «Пластмассы», 1972, № 9, 7 с. [5]. Эльберт А. А. Водостойкость древесностружечных плит. М., «Лесная промышленность», 1970. 83 с.

Поступила 27 марта 1978 г.

УДК 542.61 : 547.598.5 : 620.192.41 : 546.824-325

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА $\alpha$ -ПИНЕН МЕТАТИТАНОВОЙ КИСЛОТЫ

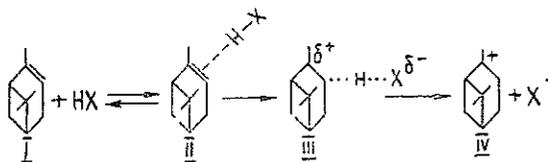
Ю. П. КЛЮЕВ, Е. С. НЕСТЕРОВА

Белорусский технологический институт

На основе экспериментальных данных показано, что наличие полярного растворителя повышает выход моноциклических терпенов и снижает выход бициклических. Полученные данные подтверждают ранее высказанное предположение, что на направление процесса влияет степень диссоциации алкил-кислоты на ионы.

Из литературных источников известно, что  $\alpha$ -пинен под действием кислых катализаторов способен изомеризоваться в двух направлениях: 1) с образованием моноциклических терпенов типа дипентена, терпинена и т. д.; 2) с образованием бициклических терпенов, главным образом камфена. В настоящее время нет четкого представления о причинах, вызывающих изомеризацию в том или ином направлении.

Ранее [2] было высказано предположение о механизме катализа  $\alpha$ -пинена, суть которого представлена схемой



Согласно предложенной схеме, механизм изомеризации идет в три стадии. В первой стадии  $\alpha$ -пинен (I) за счет  $\pi$ -электронов двойной связи соединяется с частично протонированным водородом кислоты Бренстеда или с координационно-ненасыщенным атомом кислоты Льюиса, образуя  $\pi$ -комплекс (II);  $\pi$ -комплекс (II) весьма неустойчив и способен: 1) превращаться в исходный  $\alpha$ -пинен; 2) образовывать политерпены; 3) изомеризоваться в алкилкислоту (III). Для кислот Льюиса, вследствие большого объема координационно-ненасыщенного атома, изомеризация в алкилкислоту невозможна. Алкилкислота в благоприятных условиях способна диссоциировать на ион карбония (IV) и анион кислоты. Присутствие в реакционной смеси алкилкислоты или ионов карбония и определяет, по нашему мнению, направление изомеризации в сторону би- или моноциклических терпенов. Алкилкислота, вследствие более тесной связи с кислотой, приводит к образованию бициклических терпенов, а ион карбония как более неустойчивый дает моноциклические терпены.

Диссоциации алкилкислоты на ионы карбония способствует наличие полярных растворителей. Следовательно, в присутствии полярных растворителей процесс пойдет преимущественно в сторону образования моноциклических терпенов. В литературе имеется ряд работ [1,

4, 5], в той или иной степени подтверждающих справедливость указанного предположения.

С целью проверки высказанной гипотезы нами проведено данное исследование. Была изучена изомеризация  $\alpha$ -пинена под действием метатитановой кислоты без растворителя и в присутствии 20 моль% растворителей различной полярности. В качестве неполярного растворителя был выбран ундекан (дипольный момент — 0), в качестве полярного — нитробензол (дипольный момент — 4,23).

### Исходные материалы

$\alpha$ -Пинен. Получен при разгонке живичного скипидара Борисовского ХЛК под давлением  $P_{ост} = 40$  мм рт. ст. на лабораторной ректификационной колонне эффективностью 35 теоретических тарелок. Выделенный  $\alpha$ -пинен имел показатели преломления  $n_D^{20} = 1,4660 \pm 1,4675$ . Хроматографические исследования показали, что он хроматографически чист.

Метатитановая кислота. Использовали кислоту, применяемую в качестве катализатора в промышленности для изомеризации пинена в камфен.

Нитробензол марки х. ч. Перед опытом нитробензол абсолютировали следующим образом. Навеску нитробензола 400 мл высушивали в течение 24 ч с помощью прокаленного хлористого кальция в количестве 10% от веса нитробензола. Затем нитробензол отфильтровывали и перегоняли из круглодонной колбы с дефлегматором. Разгонку производили под давлением при  $P_{ост} = 60$  мм рт. ст.

Ундекан марки х. ч. Абсолютировали его по методике, описанной Ю. К. Юрьевым [3].

### Методика эксперимента

Опыты проводили в трехгорлой круглодонной колбе, снабженной мешалкой и термометром и помещенной в термостат. Пинен или смесь пинена с растворителем разогревали в колбе до температуры реакции, и в колбу засыпали катализатор. Момент загрузки катализатора считали началом опыта. Пробы отбирали через каждые 30 мин и в них определяли коэффициент преломления реакционной смеси.

Анализ проводили с помощью ГЖХ на хроматографе марки ЛХМ-7А. В качестве неподвижной фазы использовали хромасорб W (120—140 меш.), в качестве жидкой фазы — полиэтиленгликоль-адипат в количестве 15% от веса твердого носителя. Скорость водорода, азота и воздуха соответственно 30, 30 и 300 мл/мин. Температура колонки 120°C, длина колонки 3 м.

Идентификацию компонентов реакционной смеси проводили методом подсадок заведомо известных чистых веществ, а также путем сравнения времени удерживания известного вещества и анализируемого.

### Результаты исследования

Исследования по изомеризации  $\alpha$ -пинена в присутствии метатитановой кислоты (в количестве 1% от веса пинена) проводили при температурах 100, 120, 130, 140 и 150°C. Для проведения опытов была выбрана температура 140°C, так как при этой температуре заметно изменялся показатель преломления отбираемых проб. С целью интенсификации изомеризации решено было увеличить количество катализатора до 2% от загружаемого пинена.

На рис. 1—3 показана динамика образования продуктов катализа.

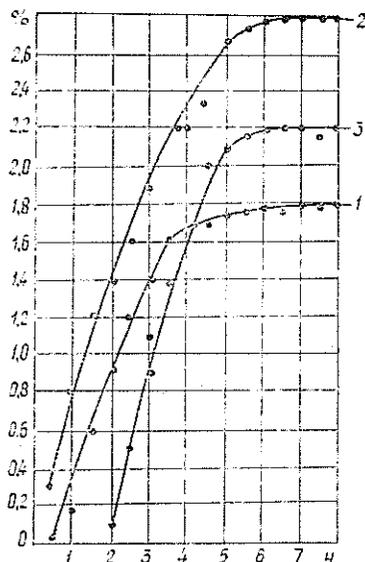


Рис. 1. Влияние растворителя на выход моноциклических терпенов.

1 — без растворителя; 2 — в растворе нитробензола; 3 — в растворе ундекана.

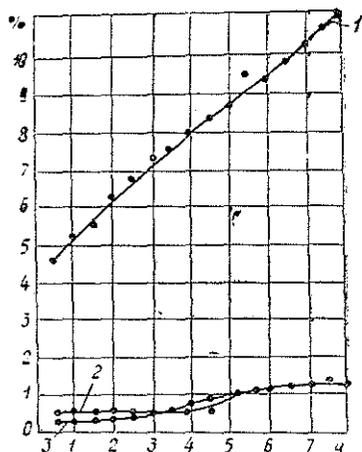


Рис. 2. Влияние растворителя на выход полимеров.

1 — в растворе нитробензола;  
2 — без растворителя; 3 — в  
растворе ундекана.

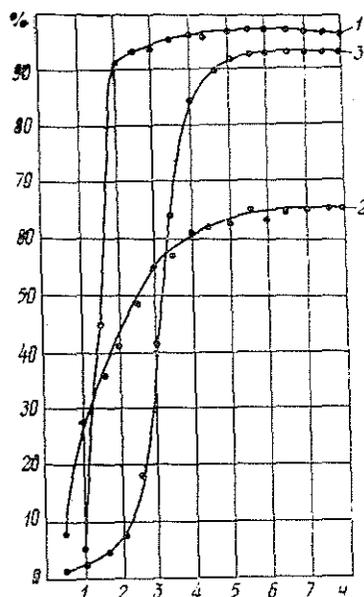


Рис. 3. Влияние растворителя на выход бициклических терпенов.

1 — без растворителя; 2 — в растворе  
нитробензола; 3 — в растворе ундекана.

На рис. 1—3 показана динамика образования продуктов катализа.

Из рис. 1 видно, что выход моноциклических терпенов возрастает с повышением полярности растворителя. Выход же бициклических терпенов (камфена) падает с повышением полярности растворителя (рис. 3). Этот факт подтверждает вышеуказанную гипотезу. Полярный растворитель, как известно, способствует диссоциации алкилкислоты на ионы карбония, а для ионов карбония характерна изомеризация в моноциклические терпены.

Из рис. 2 видно, что применение полярного растворителя увеличивает выход полимерных продуктов. Это, по-видимому, также связано с образованием ионов карбония, которые легко подвергаются не только изомеризации, но и полимеризации.

Итак, применение полярного растворителя снижает выход бициклических терпенов и повышает выход моноциклических терпенов и полимеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Измаилов Н. А. Влияние растворителя на силу кислот. — «ЖФХ», 1950, 24, вып. 3, с. 321—336. [2]. Ключев Ю. П. О некоторых закономерностях каталитических превращений терпеновых углеводородов под действием катализаторов кислотного характера (протонных и апротонных кислот). — «Химия и химическая технология», Минск, 1975, вып. 8, с. 91—101. [3]. Юрьев Ю. К. Практические работы по органической химии. Вып. 1, 2. М., 1961, 67—68. [4]. Gejer Sigrid, Zieger Werner, Mager Roland. Перегруппировка в ряду монотерпенов, катализируемых кислотами. — «Z. Chem.», 1966, 6, N 4, с. 138—146. [5]. Kergomard A. La réaction des acides organiques sur le pinene. Influence des corps a forte constant dielectrique. — «Bull. Soc. chim.», France, 1956, 10, 1356—1360.

Поступила 21 июня 1978 г.

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 658.286.2 : 621.873/875

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАБОТКИ КРАНОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*В. М. ХОЛМАНСКИХ*

Московский лесотехнический институт

Приведены уравнения наработки электрооборудования лесных кранов при работе на различных технологических операциях. Уравнения получены методами корреляционного и регрессионного анализов на ЭВМ «Минск-22».

При анализе надежности кранового электрооборудования необходимо знать время фактической работы (наработку) его элементов  $T_{ф}$ .

По предложенному нами способу определения наработки [2] были выполнены экспериментальные исследования работы базовых кранов ККС-10, КБ-572 и БКСМ-14ПМ2 в производственных условиях на лесных складах лесопромышленных предприятий Кировской области. Все краны эксплуатировали по схемам (рис. 1), обеспечивающим наиболее эффективное их использование при условии интенсивного поступления круглого леса в карманы-накопители и регулярной подаче вагонов под погрузку [1].

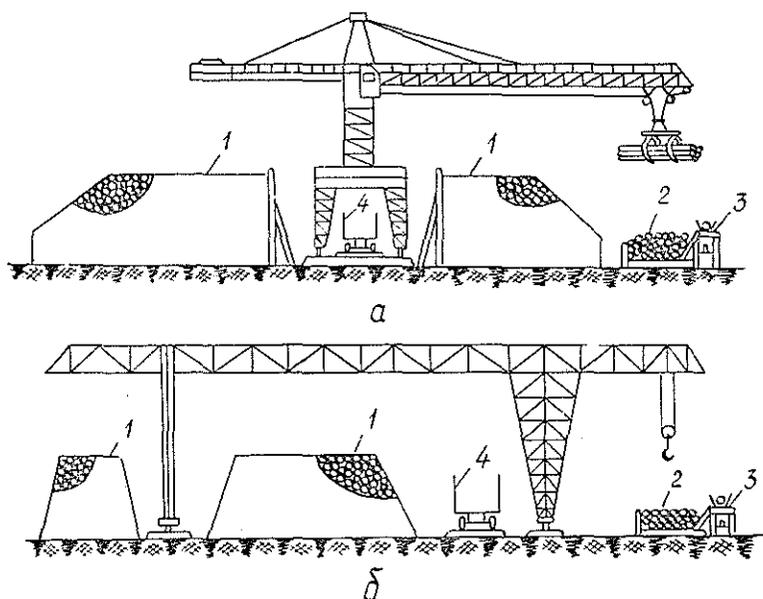


Рис. 1. Технологические схемы эксплуатации базовых кранов.  
а — башенных; б — консольно-козловых; 1 — штабель; 2 — карман-накопитель; 3 — транспортер; 4 — вагон.

Уравнения наработки определяли для наиболее характерных операций с разными грузозахватными приспособлениями. С учетом перечисленных условий эксплуатации было отобрано по 3 крана КБ-572 и БКСМ-14ПМ2 и 4 крана ККС-10. На выбранных для эксперимента объектах работали высококвалифицированные крановщики с 15—20-летним стажем.

С помощью специальной регистрирующей аппаратуры за часовые интервалы времени фиксировались объемы погруженных и штабелеванных лесоматериалов  $Q$  ( $m^3$ ), длительность  $T$  (ч) и число включений  $Z$  (вкл/ч) каждого кранового электропривода. Кроме того, на всех 10 кранах определяли относительную продолжительность включения электропривода подъема груза  $\epsilon_r$  в 10-минутном цикле.

Находя объем репрезентативных выборок  $n$ , предварительно выполняли серию наблюдений на трех кранах разного типа. Число опытов  $N$  в серии для установления  $n_{\epsilon_r}$  составляло 132 на кране ККС-10, 80 — на БКСМ-14ПМ2 и 70 — на КБ-572. Для определения  $n_z$  выполнили 102 опыта на каждом кране. Расчеты показали, что при доверительной вероятности  $p = 0,9$  значение  $n_{\epsilon_r z} = 35 \div 60$ . Чтобы получить более надежные результаты при проверке статистических гипотез, мы принимали выборки  $n_{\epsilon_r z}$ , равные 70.

По критериям  $\lambda$  и  $\chi^2$  установлено, что величины  $\epsilon_r$ ,  $Z$ ,  $T$  и  $Q$  подчиняются закону нормального распределения с доверительной веро-

Таблица 1

Показатели	Q	T <sub>г</sub>	T <sub>к</sub>	T <sub>х</sub>	T <sub>п</sub>	Z <sub>г</sub>	Z <sub>к</sub>	Z <sub>х</sub>	Z <sub>п</sub>	Вид выполняемой операции
Q	1	0,83	0,74	0,36	0,78	0,29	0,32	0,08	0,30	Штабелевка грейфером
T <sub>г</sub>		1	0,78	0,37	0,79	0,32	0,29	0,13	0,33	
T <sub>к</sub>			1	0,46	0,63	0,31	0,43	0,16	0,40	
T <sub>х</sub>				1	0,40	0,20	0,28	0,10	0,21	
T <sub>п</sub>					1	0,23	0,21	0,08	0,19	
Z <sub>г</sub>						1	0,69	0,29	0,06	
Z <sub>к</sub>							1	0,30	0,06	
Z <sub>х</sub>								1	0,49	
Z <sub>п</sub>									1	
Q	1	0,86	0,75	0,26	0,66	0,16	0,06	0,16	-0,17	
T <sub>г</sub>		1	0,81	0,32	0,75	0,04	0,05	0,13	-0,18	
T <sub>к</sub>			1	0,24	0,65	0,05	0,07	0,07	-0,22	
T <sub>х</sub>				1	0,38	0,21	0,25	0,09	0,10	
T <sub>п</sub>					1	0,07	0,03	0,04	0,16	
Z <sub>г</sub>						1	0,51	0,14	-0,11	
Z <sub>к</sub>							1	0,10	0,15	
Z <sub>х</sub>								1	0,24	
Z <sub>п</sub>									1	
Q	1	0,85	0,79	0,41	0,77	0,11	0,04	0,01	0,20	Погрузка и штабелевка стропами
T <sub>г</sub>		1	0,81	0,42	0,80	0,11	0,10	-0,02	0,18	
T <sub>к</sub>			1	0,39	0,73	0,02	0,03	-0,02	0,16	
T <sub>х</sub>				1	0,22	0,06	0,11	0,22	0,01	
T <sub>п</sub>					1	0,08	0,05	-0,03	0,16	
Z <sub>г</sub>						1	0,17	0,27	0,04	
Z <sub>к</sub>							1	-0,21	0,04	
Z <sub>х</sub>								1	0,17	
Z <sub>п</sub>									1	

Примечание. Индексами обозначены названия электроприводов: г — подъем груза; к — передвижение каретки; х — передвижение крана; п — поворот крана.

ятностью  $\rho \geq 0,9$ . Это позволяет использовать методы корреляционного и регрессионного анализов для определения взаимосвязей между исследуемыми величинами.

В табл. 1 приведены матрицы коэффициентов парной корреляции между  $Q$ ,  $T$  и  $Z$  для кранов КБ-572\*. Аналогичные матрицы рассчитаны для кранов ККС-10 и БКСМ-14ПМ2. Уровень значимости коэффициентов корреляции при  $\rho = 0,95$  составляет 0,2.

Из матриц видно, что для всех кранов независимо от вида выполняемых операций наблюдается существенная положительная связь между  $Q$  и  $T$ . Коэффициенты корреляции  $r_{Z-Q}$ ,  $r_{Z-T}$  изменяются в широком диапазоне и в большинстве случаев незначимы, что объясняется не только индивидуальностью в работе крановщиков, но и различными условиями эксплуатации исследуемых кранов.

Наиболее постоянная и тесная связь существует между  $T_r$  и  $Q$  ( $r_{T_r-Q} = 0,83 \div 0,86$ ). При выборе формы связи между этими величинами рассматривали различные виды уравнений. В качестве конечного варианта приняты адекватные линейные модели, обладающие максимумом F-критерия. Расчетные уравнения и F-критерий приведены в табл. 2\*.

Таблица 2

Тип крана	Вид выполняемой операции	$\bar{Q}$	$\varepsilon_r$	Расчетные уравнения $T_r = (b_0 + bQ) \times 10^{-3}$	F-критерий	Уравнения наработки $T_\phi = a \cdot 10^{-3} Q$
КБ-572	Штабелевка круглого леса грейфером ВМГ-10М	59,05	0,30	$T_r = 9,69 + 4,93Q$	7,59	$T_\phi = 16,97Q$
	Штабелевка круглого леса стропами	40,22	0,29	$T_r = 9,79 + 6,78Q$	4,23	$T_\phi = 24,22Q$
	Погрузка и штабелевка круглого леса стропами	42,78	0,32	$T_r = 7,36 + 7,08Q$	12,75	$T_\phi = 22,66Q$
БКСМ-14ПМ2	Штабелевка круглого леса грейфером ГГ-5	48,23	0,48	$T_r = 18,9 + 8,81Q$	2,55	$T_\phi = 19,17Q$
	Погрузка и штабелевка круглого леса стропами	30,72	0,35	$T_r = 5,73 + 12,9Q$	2,65	$T_\phi = 37,36Q$
	Погрузка и штабелевка баланса стропными комплектами	34,75	0,36	$T_r = 26,9 + 11,0Q$	3,74	$T_\phi = 32,70Q$
ККС-10	Погрузка и штабелевка круглого леса стропами	36,18	0,33	$T_r = 44,8 + 7,95Q$	3,81	$T_\phi = 27,84Q$
	Погрузка и штабелевка пиломатериалов стропами	36,79	0,28	$T_r = 6 + 7,8Q$	3,45	$T_\phi = 28,44Q$
	Погрузка и штабелевка баланса стропными комплектами	31,62	0,30	$T_r = 11,6 + 6,57Q$	5,44	$T_\phi = 23,12Q$
	Погрузка и штабелевка шпал и горбыля пакетами	42,71	0,29	$T_r = 29,8 + 8,15Q$	3,28	$T_\phi = 30,05Q$

\* Расчеты выполнены на ЭВМ «Минск-22».

Согласно работе [2], выражение для определения наработки элементов кранового электрооборудования, с учетом повторно-кратковременного режима работы, получают делением расчетных уравнений (приведенных в табл. 2) на соответствующие значения оценок математических ожиданий  $\varepsilon_r$  относительной продолжительности включения привода подъема груза

$$T_{\phi} = \frac{T_r}{\varepsilon_r} = \frac{b_0}{\varepsilon_r} + \frac{b}{\varepsilon_r} Q. \quad (1)$$

Из условия постановки эксперимента следует, что уравнение (1) адекватно для значений  $Q$ , не превышающих оценок математических ожиданий часового объема погруженных и заштабелеванных лесоматериалов  $\bar{Q}$ . Для практического пользования при  $Q > \bar{Q}$  выражение (1) можно привести к виду

$$T_{\phi} = aQ, \quad (2)$$

где  $a = \left( \frac{b_0}{\varepsilon_r \bar{Q}} + \frac{b}{\varepsilon_r} \right)$  — переходный коэффициент от объема погруженных и заштабелеванных лесоматериалов ( $m^3$ ) к наработке (ч).

В табл. 2 приведены окончательные уравнения наработки, рассчитанные по изложенному методу.

Проведенные нами экспериментальные и статистические исследования позволили установить тесную корреляционную связь между длительностями включений электроприводов исследуемых кранов и объемом погруженных и заштабелеванных лесоматериалов на отдельных операциях. Рассчитанные уравнения наработки целесообразно использовать при установлении объективных показателей надежности, при решении задач оптимальной профилактики и нормировании комплекта запасных элементов электрооборудования погрузочно-штабелевочных кранов, выполняющих указанные в табл. 2 операции по технологическим схемам, изображенным на рис. 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гончаренко Н. Т. Погрузка и выгрузка лесоматериалов. М., «Лесная промышленность», 1970. [2]. Холманских В. М. К исследованию надежности электроприводов кранов на лесных складах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 4.

Поступила 17 июля 1978 г.

УДК 65.011.56

### К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БРЕВНОСБРАСЫВАТЕЛЕЙ

В. А. МЕЛЬНИК

Архангельский лесотехнический институт

Изложены результаты исследования трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя типа АО2, используемого в качестве привода рычажного бревносбрасывателя.

Рычажные бревносбрасыватели по конструкции приводного механизма могут быть выполнены с муфтой сцепления, отключающей приводной электродвигатель в период его разгона, или без муфты сцеп-

ления. У последних пуск двигателя происходит одновременно с началом сброски бревна.

В результате экспериментальных исследований установлено, что в период сброски бревна время от начала движения сбрасывающих рычагов до момента, когда крутящий момент  $M_{дв}$  электродвигателя достигает наибольшего значения (после чего нагрузка на двигатель резко падает), составляет всего 0,1—0,2 с.

Известно, что для крановых двигателей серий МТК и МТКВ продолжительность периода разгона электродвигателя составляет  $0,14 \div 0,78$  с, а для асинхронных короткозамкнутых двигателей с нормальным исполнением ротора серий АО и АО2 или с повышенным скольжением серии АОС— $0,7 \div 1,5$  с. Отсюда следует, что электродвигатель привода бревносбрасывателя не успевает набрать номинального числа оборотов за период от момента пуска до момента максимального сопротивления движению бревна по траверсам транспортера. Вследствие этого в период наибольшей нагрузки двигатель все еще работает в режиме пуска и поэтому не может преодолевать значительных моментов сопротивления.

Двигатель, набравший к началу сброски номинальное число оборотов, преодолевает значительно больший момент сопротивления, чем при сброске в период разгона.

Поэтому при решении системы нелинейных дифференциальных уравнений движения механизма бревносбрасывателя на аналоговой вычислительной машине (АВМ) [1] определяли создаваемый сбрасываемым бревном максимальный момент сопротивления, который может преодолеть электродвигатель, предварительно разогнанный до номинального числа оборотов или запускаемый под нагрузкой. Время протекания процесса (время сброски) при этом измеряли по секундомеру на пульте управления АВМ.

Рассмотрим систему с электродвигателем, предварительно разогнанным до номинального числа оборотов.

Известно, что устойчивая работа асинхронного двигателя возможна лишь на участке механической характеристики (рис. 1), заключенном в пределах  $S = 0$  и  $S = S_k$ . При работе на этом участке всякое

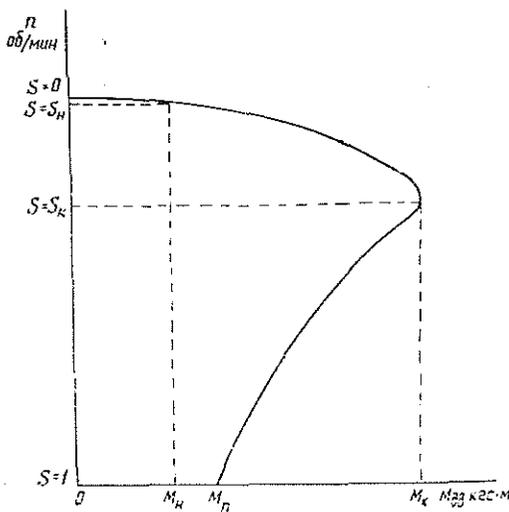


Рис. 1. Механическая характеристика асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.

увеличение нагрузки (момента сопротивления  $M_c$ ) вызывает снижение скорости вращения ротора и всегда сопровождается увеличением крутящего момента двигателя. Когда крутящий момент станет равным моменту нагрузки, снижение скорости двигателя прекращается. При дальнейшем повышении момента сопротивления крутящий момент электродвигателя, увеличиваясь, в конце концов достигает максимального (критического) значения  $M_{кк}$ . Скольжение ротора двигателя возрастает до критического значения  $S_k$ . Если увеличение нагрузки продолжается, то произойдет «прокидывание» электродвигателя, т. е. уменьшение его крутящего момента. Двигатель при этом работает на участке характеристики, заключенном в пределах  $S = S_k$  и  $S = 1$ , где всякое снижение скорости, вызванное увеличением момента сопротивления, приводит к уменьшению крутящего момента  $M_{дв}$ , и если момент нагрузки не снизается, то двигатель остановится.

Работу электродвигателя на устойчивом и неустойчивом участках характеристики контролировали по характеру изменения угловой деформации упругого звена привода механической системы бревно-сбрасывателя. На устойчивом участке с возрастанием момента нагрузки  $M_c$  значение угловой деформации увеличивается, а на неустойчивом уменьшается.

При решении системы уравнений на АВМ исследовали устойчивую работу асинхронного короткозамкнутого электродвигателя на участке характеристики  $S = 0$  и  $S = S_k$  [1].

На рис. 2 приведены кривые зависимости времени сброски  $t_{сбр}$  и крутящего момента электродвигателя  $M_{дв}$  от момента сопротивления  $M_c$  передвижению сбрасываемых бревен по седлообразным траверсам, а также веса бревен. В качестве примера даны расчеты для устойчивого участка механической характеристики (электродвигатель типа АО2-51-4 мощностью 7,5 кВт).

Исследованием установлено, что с увеличением момента нагрузки и, следовательно, крутящего момента электродвигателя возрастает длительность процесса, т. е. длительность рабочего хода сбрасывающих рычагов (рис. 2). Это объясняется падением числа оборотов двигателя вследствие увеличения скольжения ротора. Из рис. 2 видно, что

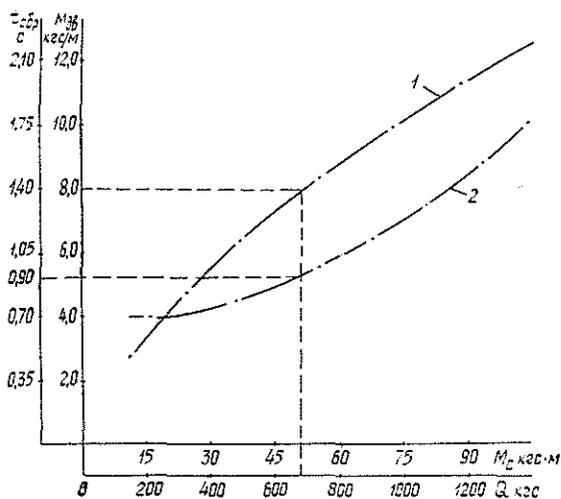


Рис. 2.

1 —  $M_{дв} = f(M_c)$ ; 2 —  $t_{сбр} = f(M_c)$ .

исследуемый электродвигатель преодолевает максимальный момент сопротивления  $M_c$  при сброске бревна весом 1380 кг за время 1,76 с.

Дальнейшее увеличение момента нагрузки приводило к уменьшению крутящего момента, т. е. происходило «опрокидывание» электродвигателя. Отсюда следует, что электродвигатель привода бревно-сбрасывателя не может быть загружен до критического момента  $M_k$ , так как вследствие снижения оборотов время протекания процесса при этом значительно увеличивается, превышая оптимальное время сброски, равное 0,9 с [1].

Момент сопротивления  $M_c$ , преодолеваемый электродвигателем за время рабочего хода рычагов, равное 0,9 с, можно определить по графику (рис. 2). Находим, что  $M_c$  при этом равно 51,6 кгс·м; это соответствует весу бревна 680 кг, а  $M_{дв} = 7,96$  кгс·м.

На величину  $M_{дв}$  большое влияние оказывает время сброски. Так, увеличение времени рабочего хода рычагов с 0,9 до 1,0 с, т. е. на 11,1%, позволяет повысить момент нагрузки на 16,4%, а ускорение процесса с 0,9 до 0,7 с, т. е. на 22%, приводит к уменьшению момента  $M_c$  на 46,5% (рис. 2).

Нами установлено, что время рабочего хода сбрасывающих рычагов находится в определенной зависимости от развиваемого двигателем крутящего момента. Заметное увеличение времени сброски наблюдается при значениях крутящего момента  $M_{дв}$ , превышающих его номинальное значение  $M_n$  (рис. 2). В то же время возрастание момента сопротивления  $M_c$ , преодолеваемого двигателем с приложением крутящего момента, меньшего  $M_n$ , не приводит к увеличению времени рабочего хода рычагов  $t_{сбр}$ . Это объясняется тем, что  $M_{дв}$  изменяется до номинального значения  $M_n$  примерно при постоянном числе оборотов.

С увеличением крутящего момента  $M_{дв}$  сверх его номинального значения число оборотов двигателя становится меньше и, следовательно, возрастает длительность протекания процесса.

Выявлена следующая зависимость:

$$\frac{M_{пр}}{M_c} = f(M_c),$$

где  $M_{пр}$  — приведенный крутящий момент двигателя, полученный при решении дифференциальных уравнений, учитывающих силы инерции;

$M_c$  — момент сопротивления движению бревна по седлообразным траверсам транспортера, подсчитанный без учета сил инерции [1].

С уменьшением момента нагрузки  $M_c$  отношение  $M_{пр}/M_c$  увеличивается, так как при этом соответственно снижается потребный крутящий момент двигателя. Более низкие значения крутящего момента обеспечиваются электродвигателем в случае меньшего скольжения ротора, т. е. при большем числе оборотов. С увеличением числа оборотов двигателя скорость движения сбрасывающих рычагов возрастает и, следовательно, повышается динамическая нагрузка — сопротивление сил инерции. Рост динамической составляющей и вызывает увеличение отношения  $M_{пр}/M_c$  для меньших значений момента нагрузки. При возрастании момента нагрузки  $M_c$  наблюдается обратное явление. Крутящий момент двигателя увеличивается за счет снижения оборотов; скорость движения рычагов при этом уменьшается, а, значит,

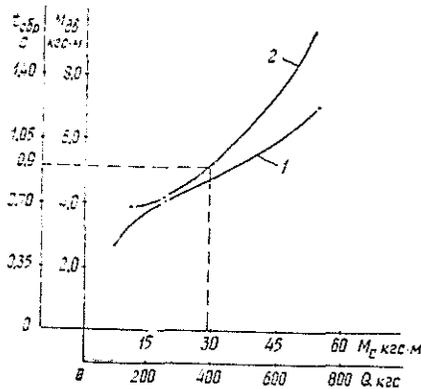


Рис. 3.

$$1 - M_{дв} = f(M_c); \quad 2 - t_{сбр} = f(M_c).$$

снижается динамическая составляющая. С уменьшением динамической нагрузки отношение  $M_{пр}/M_c$  становится также меньше.

На рис. 3 приведены кривые зависимости крутящего момента  $M_{дв}$  и времени  $t_{сбр}$  рабочего хода сбрасывающих рычагов от момента нагрузки  $M_c$  при пуске исследуемого электродвигателя под нагрузкой, а также от веса бревен. С увеличением момента нагрузки  $M_c$  крутящий момент  $M_{дв}$  и время  $t_{сбр}$  возрастают. При этом крутящий момент не должен превышать значений пускового момента электродвигателя. В противном случае двигатель не запустится.

Установлено, что при пуске под нагрузкой (рис. 3) электродвигатель за оптимальное время сброски 0,9 с преодолевает значительно меньший момент сопротивления  $M_c$ , чем при разогнанном до номинального числа оборотов двигателе (рис. 2).

В заключение следует отметить следующее. Электродвигатели серий АО2, АО, АОП, АОС, МТК и МТКВ, используемые в качестве привода бревнобрасывателей, не успевают набрать номинальное число оборотов за период движения сбрасывающих рычагов от исходного положения до встречи с бревном. Поэтому целесообразно применять конструкции бревнобрасывателей с электроприводом, оборудованные муфтой сцепления для отключения двигателя на период разгона до номинального числа оборотов.

Электродвигатели привода бревнобрасывателей работают с перегрузкой в повторно-кратковременном режиме.

С увеличением нагрузки на электродвигатель до значений критического момента возрастает скольжение ротора и время протекания процесса; последнее значительно превышает оптимальное время сброски бревна. Поэтому электродвигатели, используемые в качестве привода бревнобрасывателей, не следует загружать до максимального момента.

С увеличением момента сопротивления динамические нагрузки, возникающие в системе бревнобрасывателя с электроприводом, уменьшаются вследствие возрастания скольжений ротора и снижения скорости сброски.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ласточкин П. В., Мельник В. А. Некоторые результаты исследования электромеханического привода бревнобрасывателей. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1976, № 1, с. 130—134.

Поступила 10 апреля 1978 г.

УДК 634.0.36.001.57

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН

*М. Ю. МАРУШКЕЙ, А. А. СТЕПАНОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Изложены теоретические и практические методы решения задачи оптимизации работы системы лесозаготовительных машин методом статистического (имитационного) моделирования. Выбраны и обоснованы критерии оптимизации.

Лесная промышленность оснащается сложными высокопроизводительными машинами. Оценка работы сложных систем лесосечных машин с учетом их согласованного взаимодействия в различных природных условиях — одна из важнейших задач, решение которой будет способствовать повышению производительности труда на лесозаготовках [1].

Эффективность работы системы машин в основном зависит от правильного их выбора и расстановки на лесосеке и учета их надежности. Системы машин, выбранные для лесосечных работ, должны соответствовать конкретным природно-производственным условиям и обеспечивать максимальный производственно-экономический эффект по сравнению с другими возможными вариантами.

Для оптимизации всего комплекса лесосечных работ, находящихся в сложной взаимосвязи, трудно составить точную и вместе с тем доступную аналитическую модель, так как здесь большое количество факторов обладает стохастичностью [1]. Поэтому для исследования работы системы лесосечных машин мы используем метод имитационного моделирования [1, 3, 4].

Для моделирования нами выбрана система лесосечных машин ЛЗ, которая выполняет следующие производственные операции: валку и пакетирование валочно-пакетирующей машиной, трелевку трактором с гидроманипулятором, обрезку сучьев самоходной сучкорезной машиной.

При проведении оптимизационного эксперимента необходимо определить рациональное сочетание этих машин по численности. Так как производительность их не является одинаковой или кратной, а надежность равна 100%, то ритмичную работу такой системы машин можно обеспечить двумя способами: 1) созданием оптимальных межоперационных запасов между группами лесосечных машин; 2) резервированием машин, входящих в систему.

Чтобы решить задачу, необходимо определить параметры состояния  $X$ , управления  $Z$  и эффективности  $Y$ . Зависимость параметров эффективности от параметров состояния и управления имеет следующий вид:

$$Y(t) = \Phi [X(t_0), Z(t_0), t], \quad (1)$$

где  $t_0$  — начальное время;  
 $t$  — текущее время.

Необходимо выбрать также критерий эффективности (оптимизации). В общем случае выбор этого критерия заключается в нахождении такого управления  $Z(t)$ , при котором параметр эффективности  $Y(t)$ , принятый за критерий оптимальности  $R$ , имеет экстремальное значение  $R = Y(t) = R_{min}^{max}$ .

Нами приняты два критерия эффективности (целевые функции).  
 1. Показатель технического прогресса машинного производства [2]

$$K_y = \varphi(\eta_N, \eta_t, N_{тр.н}), \quad (2)$$

здесь  $\eta_N$  — коэффициент использования мощности;  
 $\eta_t$  — общий коэффициент использования времени;  
 $N_{тр.н}$  — энерговооруженность труда.

2. Приведенные затраты на выполнение производственных операций, включая и затраты на создание и эксплуатацию машин, можно представить в виде суммы интегральных функционалов [1]

$$Z_{пR} = \sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^b \sum_{j=1}^r \sum_{l=1}^z \left[ \int_Q \int_t Z_0(X, Z) dQ dt \right]_{sijt}. \quad (3)$$

где  $n$  — число пунктов, на которых осуществляется процесс;  
 $Q$  — объем работ на всех пунктах;  
 $t$  — время, в течение которого рассматривается процесс;  
 $b$  — число учитываемых операций на каждом пункте;  
 $r$  — число типов машин, выполняющих операции;  
 $z$  — число типоразмеров машин каждого типа;  
 $Z_0$  — элементарные условно-приведенные затраты на осуществление операции машинами одного типа и одного типоразмера на одном пункте, отнесенные к определенному объему работ и времени.

Комплексный алгоритм модели, имитирующий выполнение операций системой лесосечных машин ЛЗ, приведен на рис. 1. В составе модели 6 блоков.

1. Блок ввода исходных данных.

2. Блок управления. Перебирает моменты событий в моделируемой системе, выбирает из них ближайшие по времени и выполняет операцию команд.

3. Блок, имитирующий работу валочно-пакетирующей машины. Операторы этого блока формируют случайные величины времени безотказной работы, времени восстановления, объем обрабатываемого дерева, время цикла, время перехода машины с одной позиции на другую, объем деревьев, обслуживаемых машиной с каждой позиции; определяют количество спиленных деревьев, количество переходов, текущее время машины с учетом времени переходов  $T_n$ , времени циклов  $t_n$  и времени восстановления  $t_v$ . Здесь же имеются операторы, учитывающие поступление в бункер  $M$  пачек, спакетированных валочной машиной, где каждой пачке присваивают свой номер.

4. Блок, имитирующий работу трелевочного трактора. Операторы этого блока моделируют временные случайные величины аналогично операторам предыдущего блока; кроме этого, имеется оператор, который проверяет наличие готовых пачек в бункере. Есть также операторы, учитывающие простой трактора и количество пачек, поступающих в бункер № 2.

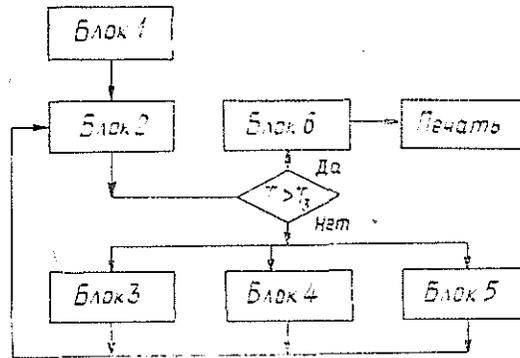


Рис. 1.

5. Блок, имитирующий работу сучкорезной машины. Операторы этого блока моделируют случайные величины времени безотказной работы, времени восстановления, времени цикла, времени проходов с одной позиции на другую, времени перехода с одного штабеля на другой, а также величины объемов дерева, объемов, осваиваемых машиной с каждой позиции; операторы определяют количество обработанных деревьев, количество переходов, текущее время машин с учетом времени циклов  $t_{ц}$ , времени переходов  $T_{п}$ , времени восстановления  $t_{в}$ .

6. Блок вычислений. Операторы этого блока выполняют расчеты показателей эффективности функционирования системы машин и значения целевой функции (коэффициентов готовности, времени простоя машин из-за неисправностей и отсутствия древесины, сменную выработку каждой машиной и системой машин, основной показатель технического прогресса машинного производства, себестоимость машинного производства, приведенные затраты на 1 м<sup>3</sup> отгруженной древесины).

Проиграв на модели необходимое число циклов

$$N_p = \frac{\Delta^2 \sigma^2}{\delta^2} \quad (4)$$

(где  $\Delta$  — допустимое отклонение случайной величины в долях  $\sigma$ , соответствующее достоверности  $P$ ; при  $P = 0,997$   $\Delta = 3$ ; при  $P = 0,954$   $\Delta = 2$  [1]) определяем оптимальный вариант по минимальному значению целевой функции  $R$ ; при этом находим и оптимальную величину межоперационных запасов между группами лесосечных машин.

Необходимое число запасных машин вычисляем следующим образом.

Ориентировочно число запасных машин каждого типа можно рассчитать, принимая во внимание только характеристики надежности и ремонтпригодности машин, а также некоторые экономические показатели и не принимая во внимание емкости накопителей промежуточной продукции между группами разнотипных машин. Действительно, пусть задана структура системы машин, включающая  $N$  типов:  $i = 1, 2, \dots, n$ . Количество основных (работающих) машин каждого типа  $L_i$  выбираем из соображения заданной (планируемой) производительности всего комплекса машин. Полагаем, что все работающие машины соединены последовательно в смысле надежности. Это значит, что выход из строя одной из машин при отсутствии запасных приведет к уменьшению производительности всего комплекса, что, в свою очередь, принесет экономический ущерб  $W_i \cdot T_p$ . (где  $W_i$  — стоимость потерь в

единицу времени от простоя одной машины  $i$ -того типа;  $T$  — время простоя). Пусть также заданы интенсивности отказов  $\lambda_i$ , интенсивности ремонтов  $\mu_i$  и стоимости  $C_i$  машин каждого типа.

Требуется определить число запасных машин  $V_i$  каждого типа, обеспечивающее минимум целевой функции (если он существует)

$$\min G(\bar{V}) = F(\bar{V}) + \sum_{i=1}^N g_i(V_i), \quad (5)$$

где  $F(\bar{V})$  — потери, обусловленные ограниченным числом запасных машин;

$g_i(V_i)$  — стоимости запасных машин каждого типа;

$\bar{V}$  — вектор-строка  $V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_N$ .

С увеличением числа запасных машин величина  $F(\bar{V})$  монотонно уменьшается, а  $\sum g_i(V_i)$  монотонно возрастает.

Задачу в данной постановке решаем при следующих допущениях:

- поток отказов и ремонтов машин всех типов простейший;
- запасные машины не теряют своей надежности;
- процессы отказов и ремонтов подчиняются экспоненциальному закону.

В качестве оценки функции потерь можно принять выражение

$$F(\bar{V}) = \sum_{i=1}^N T_{vi}(V_i) W_i, \quad (6)$$

здесь  $W_i$  — производительность машины  $i$ -того типа в стоимостном выражении;

$T_{vi}(V_i)$  — среднее время восстановления подсистемы машин  $i$ -того типа при наличии  $V_i$  запасных машин.

Величину  $T_{vi}(V_i)$  можно определить из равенства

$$(K_{ri}) = \frac{T_{oi}}{T_{oi} + T_{vi}(V_i)}, \quad (7)$$

где  $T_{oi} = \frac{1}{\lambda_i L}$  — средняя наработка на отказ подсистемы однотипных машин, соединенных последовательно в смысле надежности;

$K_{ri}(V_i)$  — коэффициент готовности подсистемы машин, определяемый по известной формуле [5]

$$K_{ri}(V_i) = \frac{\sum_{j=0}^{V_i} \frac{\left(L_i \frac{\lambda_i}{\mu_i}\right)^j}{j!}}{\sum_{j=0}^{V_i+1} \frac{\left(L_i \frac{\lambda_i}{\mu_i}\right)^j}{j!}}. \quad (8)$$

Задачу оптимизации по критерию (5) можно решать различными методами, в том числе и методом наискорейшего спуска [6]. Опуская некоторые алгебраические преобразования, приведем формулу для вычисления градиента на  $S$ -м шаге оптимизации

$$\gamma_i^{[S]} = \frac{K_{ri}(V_i^{[S]} + 1) - K_{ri}(V_i^{[S]})}{C_i K_{ri}(V_i^{[S]})}. \quad (9)$$

При этом оптимизация по критерию (5) представляет собой следующий многошаговый процесс. Вычисляют  $\gamma_i^{[1]}$  при  $V_i^{[1]} = 0$  и отыскивают элемент с индексом  $k$ , у которого достигнут максимум градиента  $V_k^{[1]}$ . Находят величину  $G(\bar{V})$  по формулам (5)–(9) при  $\bar{V} = 0$ . В подсистему машин  $k$ -того типа добавляют одну запасную машину. Затем определяют значения  $\gamma_i^{[2]}$  и  $G(\bar{V})$  при  $V_1 = V_2 = V_{k-1} = V_{k+1} = V_N = 0$  и  $V_k = 1$ . И так далее, пока не будет достигнут минимум целевой функции (5).

Следует, однако, помнить, что, вследствие монотонности слагаемых в выражении (5), у функции  $G(\bar{V})$  может наблюдаться локальный минимум в начале процесса оптимизации, когда при определенных соотношениях параметров рост второго слагаемого может быть сильнее, чем уменьшение первого.

Таким образом, комплексная имитационная модель работы системы лесосечных машин учитывает стохастический характер условий эксплуатации и взаимодействия между машинами, технологические схемы организации работ на лесосеке, характеристики отказов и восстановления машин с последующей статистической и технико-экономической оценкой результатов и определением оптимальных межоперационных запасов древесины между последовательно работающими машинами или определением необходимого количества резервных машин, обеспечивающих бесперебойную работу системы. Имитационная модель позволяет определить требуемый уровень надежности машин, входящих в систему, на стадии проектирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. М., «Лесная промышленность», 1977. 231 с. [2]. Бадмаева С. Д., Прохоров В. Б. О частных комплексных и критериальных показателях эффективности использования машин. — Машини и орудия для механизации лесозаготовок. Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 7. Л., ЛТА, 1978, с. 110. [3]. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования. М., «Транспорт», 1977. 72 с. [4]. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М., «Мир», 1975. 498 с. [5]. Прошан Ф., Брей Т. Оптимальное резервирование при наличии нескольких ограничений. — В сб.: Оптимальные задачи надежности. Пер. под ред. И. А. Ушакова. М., «Стандарты», 1968, с. 92—109. [6]. Ушаков И. А. Оптимизация надежности сложных систем методом наискорейшего спуска. — В сб.: Прикладные задачи технической кибернетики. Под ред. Л. С. Гурина и др. М., «Сов. радио», 1966, с. 199—224.

Поступила 23 августа 1978 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.797 : 634.0.79

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
КОНЦЕНТРАЦИЙ РЕМОНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ***А. И. СМЕРНОВА*

Ленинградская лесотехническая академия

Рассмотрены основные направления концентрации работ по техническому обслуживанию и ремонту лесохозяйственных машин и оборудования, выбраны типы ремонтных производств и произведена оценка показателей экономической эффективности их создания на территории Ленинградской области.

В десятой и последующих пятилетках повышение технического уровня и эффективности лесного хозяйства будет осуществляться в основном за счет широкой механизации производств.

В настоящее время лесохозяйственные предприятия усиленно пополняются лесохозяйственным и лесозаготовительным оборудованием. Только за годы девятой пятилетки промышленные основные фонды возросли по Ленинградскому лесохозяйственному производственному объединению на 66%, а фонды лесного хозяйства на 52%.

Повышение экономической эффективности техники в лесном хозяйстве немыслимо без четкой организации ремонтной службы, ее материально-технического обеспечения.

Для экономической оценки основных направлений концентрации ремонтных производств были выполнены исследования по измерению ремонтной программы, обоснованию типов ремонтных производств, вариантов их организации и размещения и расчеты значений технико-экономических показателей.

Объемы работ по видам технического обслуживания и ремонта как отдельных марок машин, так и в целом по предприятию, объединению были выражены в трудовых единицах (нормо-часах) и в приведенных ремонтах. Один приведенный ремонт соответствует по трудоемкости одному капитальному ремонту полнокомплектного автомобиля ГАЗ-51, как это принято в «Технико-экономических показателях для проектирования ремонтных предприятий лесной промышленности» Гипролестранса [3].

Ремонтная программа в целом по Ленинградскому лесохозяйственному объединению на расчетный 1977 г. составила 1850 тыс. нормо-ч, или 10 570 приведенных ремонтов, по отдельным лесхозам она колеблется от 208 (Киришский ЛХ), до 959 приведенных ремонтов (Гатчинский ЛХ).

Выражение ремонтной программы в трудовых единицах и оценка предельных значений позволили выбрать типы ремонтных производств и наметить варианты и схемы их размещения.

Большая часть лесохозяйственного оборудования рассредоточена на значительной территории, в среднем на одно предприятие лесохозяйственного объединения приходится по 12 лесничеств, в каждом из

которых производятся механизированные работы, поэтому часть работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования должна выполняться децентрализованно. Для этих целей в каждом лесхозе должны быть организованы пункты технического обслуживания (ПТО). Очевидно, количество ПТО на предприятии зависит от объемов технического обслуживания и ремонта, размещение их по территории решается в каждом конкретном предприятии индивидуально.

Если принять рекомендации [1], что в ПТО выполняется 30% текущих ремонтов (ТР) и 100% технических обслуживаний № 1 (ТО-1), то ремонтная программа для ПТО в целом по Ленинградскому объединению выразится в пределах 3320 приведенных ремонтов; следует иметь 58 таких пунктов, т. е. по 2—3 в каждом предприятии.

ПТО должны быть обеспечены передвижными средствами механизации обслуживания машин, заправки их топливом и маслами, а также средствами, облегчающими запуск двигателей в холодные периоды года.

В настоящее время разработаны и начинают внедряться различные средства механизации технического обслуживания и ремонта тракторов и машин: передвижные ремонтные мастерские Т-142, СРПМ-2, различные средства, облегчающие запуск двигателей в холодное время года, закрытые стоянки палаточного типа, автозаправщики МА-4, МА-4А и др. Их следует рекомендовать для применения в ПТО лесохозяйственных предприятий, так как высокая экономическая эффективность их использования доказана целым рядом исследований и опытом.

Более сложные виды работ по техническому обслуживанию (ТО-3, ТО-2, сезонное обслуживание) и текущему ремонту (70%) следует производить в специализированных службах — на кустовых ремонтных базах (КРБ) [1], создание которых требует значительных капитальных вложений.

Объемы работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, подлежащие выполнению в КРБ, составляют по Ленинградскому лесохозяйственному объединению в целом 4640 приведенных ремонтов, изменяются по лесхозам от 91 до 398, составляя в среднем 230 приведенных ремонтов. Для выполнения этой программы могут быть созданы КРБ разной мощности, экономические показатели которых будут значительно различаться. Так, данная ремонтная программа может быть выполнена в 23 КРБ мощностью 200 приведенных ремонтов, или в одной КРБ мощностью 5000 приведенных ремонтов.

Были выполнены расчеты экономических показателей для шести вариантов создания КРБ разной мощности, результаты показаны в табл. 1. С увеличением мощности КРБ эффект от концентрации работ

Таблица 1

Вариант КРБ	Мощность КРБ, приведенные ремонты	Количество КРБ, шт.	Себестоимость (без транспортных расходов)	Полная себестоимость с транспортными расходами	Капитальные вложения в промышленное строительство	Общие капиталовложения (с транспортом)	Приведенные затраты	Годовой экономический эффект
1	200	23	588,7	642,8	3057,6	3019,6	1109,2	0
2	500	9	551,8	617,0	2550,8	2602,8	1007,4	101,8
3	1000	5	510,6	579,8	1798,1	1850,1	857,3	251,9
4	1500	3	492,7	592,6	1572,3	1638,2	838,3	270,9
5	3000	2	494,2	713,0	1384,5	1516,6	940,5	168,7
6	5000	1	519,8	840,7	1323,7	1542,1	1072,0	37,2

резко снижается из-за возрастания транспортных затрат на доставку техники.

Полную себестоимость одного приведенного ремонта по вариантам рассчитывали по формуле

$$C_n = C_n K_{22} K_{23} K_{24} K_{тер} + C_T P., \quad (1)$$

где  $C_n$  — себестоимость одного приведенного ремонта, принятая по нормативам Гипролестранса, р. [3];

$K_{22}$  — коэффициент приведения себестоимости по мощности предприятия [3];

$K_{23}$  — коэффициент приведения себестоимости по уровню специализации [3];

$K_{24}$  — коэффициент приведения себестоимости по типу ремонтируемых машин [3];

$K_{тер}$  — поправочный коэффициент к себестоимости по территориальному району [3];

$C_T$  — транспортные расходы на один приведенный ремонт, р.

Транспортные расходы определяли по тарифам на автомобильные перевозки [2].

Вес перевозимого в КРБ груза рассчитывали допуская, что автомобили и колесные тракторы для выполнения технических обслуживаний прибывали в КРБ самоходом, а гусеничные тракторы, неисправные автомобили и другую технику доставляли на трейлерах автомобилем-тягачом ЗИЛ-130 или МАЗ-529Б.

Расстояния перевозок по автомобильным дорогам Ленинградской области определяли средние по каждому варианту.

Общие капитальные вложения на один приведенный ремонт рассчитывали по формуле

$$KB_{общ} = KB_{норм} K_{16} K_{17} K_{28} K_{29} + KB_{тр} P., \quad (2)$$

где  $KB_{норм}$  — капитальные вложения в промышленное строительство по нормам Гипролестранса на 1 приведенный ремонт [3], р.;

$K_{16}, K_{17}, K_{28}$  — коэффициенты приведения капитальных вложений соответственно по мощности предприятия, уровню специализации и уровню накладных расходов [3];

$K_{29}$  — индекс перехода от стоимости  $KB$  первого территориального района к Ленинградской области [3];

$KB_{тр}$  — капитальные вложения в автотранспорт для перевозки грузов в КРБ и обратно, р. на 1 приведенный ремонт.

Капитальные вложения в автотранспорт рассчитывали, определяя потребное количество автомобилей-тягачей, трейлеров для перевозки техники и средних цен приобретения, при этом годовая норма грузовой работы была принята равной 100 тыс. т·км.

Приведенные затраты по вариантам рассчитывали также на 1 приведенный ремонт по формуле

$$ПЗ = C_n + E_n KB_{общ} P., \quad (3)$$

где  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности, равный 0,15.

Наименьшая себестоимость без учета транспортных расходов наблюдается в варианте 4, с учетом последних минимальные затраты будут в варианте 3 (табл. 1).

Капитальные вложения в промышленное строительство наименьшие в варианте 6, а с учетом капитальных вложений в автотранспорт — в 5-м.

Минимальные приведенные затраты характерны для варианта 4, годовой экономической эффект изменяется от 270,9 (4-й вариант) до 37,2 р. (6-й вариант), при этом за базовый был принят вариант 1 с наибольшими приведенными затратами.

Значит, при внутриотраслевой централизации работ наиболее эффективным будет создание КРБ мощностью 1500 приведенных ремонтов; на территории Ленинградской области для обслуживания и ремонта лесохозяйственной техники должно быть три таких КРБ.

Выбор их конкретного месторасположения на территории области требует дополнительного всестороннего изучения.

На территории Ленинградской области можно создать и межведомственные КРБ, осуществляющие техническое обслуживание и ремонт техники предприятий родственных отраслей промышленности (например, предприятия объединения Ленлес и лесохозяйственного объединения), расположенных в данном районе и закрепляемых за КРБ.

Предварительная оценка эффективности создания КРБ двумя указанными путями позволяет судить о целесообразности создания межведомственных КРБ, поскольку в этих случаях экономический эффект резко возрастет за счет создания более мощных предприятий и снижения транспортных расходов из-за уменьшения расстояния транспортировки техники в КРБ и обратно на предприятия.

Капитальный ремонт лесохозяйственного оборудования следует выполнять подрядным способом на ремонтных заводах, закрепленных за предприятиями Ленинградского объединения. Строительство новых ремонтных заводов на территории Ленинградской области только для оборудования лесохозяйственного объединения нецелесообразно, так как объемы капитального ремонта по видам и моделям отдельных машин незначительны (общий объем капитального ремонта по объединению равен 2600 приведенных ремонтов в год).

Вопросы эффективного размещения оборудования по заводам для прохождения капитального ремонта требуют ежегодного изучения, так как затраты на оплату капитального ремонта оборудования значительны (в 1977 г. для этих целей потребовалось около 1440 тыс. р.).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исследование и разработка типовых руководящих материалов по рационализации организационной структуры ремонтных подразделений лесозаготовительных объединений. Отчет ЛТА, авт. Прохоров В. Б. Л., 1975. 71 с. [2]. СССР. Госстрой. Ценник № 3, ч. 1. Железнодорожные и автомобильные перевозки. М., 1967, с. 3, 56. [3]. Техико-экономические показатели для проектирования ремонтных предприятий лесной промышленности. Л., Гипролестранс. 1975. 53 с.

Поступила 24 июля 1978 г.

УДК 634.0.62

## О МЕРАХ ПО УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ ДУБРАВ ЦЧЭР

В. И. ЯНЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

Рассматривается вопрос о состоянии дубовых и твердолиственных насаждений в условиях региона. Дается оценка уровня использования земель лесного фонда под насаждения твердолиственных пород. Намечаются пути по улучшению состояния дубрав ЦЧЭР.

Первоочередность разработки мероприятий по улучшению состояния и повышения продуктивности дубрав Центрально-Черноземного экономического района (ЦЧЭР) вытекает из следующих положений: 1) очень небольшое количество земель лесного фонда занято дубовыми и твердолиственными насаждениями (по ЦЧЭР — 0,6 млн. га, по РСФСР — 6,0 млн. га); 2) объемы лесопроductии твердолиственных пород недостаточны, что приводит к необходимости импортировать твердолиственную древесину для покрытия потребностей мебельной и химической промышленности в сырье; 3) высокая продуктивность земель лесного фонда, пригодных для выращивания дубовых и твердолиственных насаждений; 4) расположение дубовых и твердолиственных массивов преимущественно в лесостепной и горной зонах европейской части СССР, в том числе в ЦЧЭР.

Леса ЦЧЭР находятся в благоприятных лесорастительных и климатических условиях. Учитывая оптимальные почвенно-гидрологические условия и значительную интенсивность ведения лесного хозяйства, можно вполне рассчитывать на выращивание высокопродуктивных твердолиственных насаждений. Однако анализ лесного фонда показывает, что богатые лесорастительные условия используются недостаточно. Несмотря на то, что дубравы занимают более половины площади лесов региона, все же значительная площадь занята низкоствольными насаждениями и второстепенными древесными породами.

Дубовые и твердолиственные насаждения в условиях ЦЧЭР различны по качеству и ценности. Дубовые насаждения в типах условий местопроизрастания  $D_2$ — $D_3$  (по типологии П. С. Погребняка) значительно выше по качеству и ценности, чем в остальных типах.

Дубовые насаждения требовательны к почве. Часть их занимает богатые суглинистые и черноземные почвы. На таких почвах в условиях Воронежской области сорт озимой пшеницы Мироновская-808 дает урожай 45—50 ц/га. Отсюда следует, что и дубовые насаждения на богатых почвах должны давать не меньший эффект и быть использованы с максимальной отдачей для народного хозяйства.

С учетом условий местопроизрастания в ЦЧЭР для выращивания высокоствольных дубовых насаждений отдается предпочтение типам условий местопроизрастания  $D_1$ — $D_3$ ,  $E_2$ — $E_3$  и частично  $C_2$ — $C_3$  [1]. Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что степень использования лесопокрытой площади под насаждения твердолиственных пород в типах  $D_1$ — $D_2$  высокая по всем областям ЦЧЭР (82,7—98,0%), а в типах  $C_2$ — $C_3$  этот показатель ниже (30,0—94,1%). В табл. 1 не включена Тамбовская область, в которой лесоустроители применяли классифи-

## Оценка использования лесопокрытой площади по типам условий

Тип условий место- произра- стания	Лесопокрытая площадь									
	Воронежская					Липецкая				
	Всего	В том числе			Степень исполь- зования, %	Всего	В том числе			Степень использо- вания, %
		дуб		прочие твердоли- ственные			дуб		прочие твердоли- ственные	
Вы- соко- стволь- ные	Низко- стволь- ные	Вы- соко- стволь- ные	Низко- стволь- ные							
С <sub>2</sub>	11,0	2,9	3,0	0,2	55,4	26,6	0,6	6,2	—	25,5
С <sub>3</sub>	2,1	0,2	0,6	0,1	42,8	4,4	—	2,5	—	56,8
Итого	13,1	3,1	3,6	0,3	53,4	31,0	0,6	8,7	—	30,0
D <sub>1</sub>	27,4	2,3	23,0	1,3	97,0	15,9	0,5	14,8	0,1	96,8
D <sub>2</sub>	91,4	54,9	24,2	5,5	92,5	32,5	5,9	21,2	0,4	84,6
D <sub>3</sub>	5,6	0,8	2,0	0,6	60,7	1,5	—	1,0	—	66,6
Итого	124,4	58,0	49,2	7,4	92,1	49,9	6,4	37,0	0,5	87,9
E <sub>2</sub>	7,9	2,1	5,0	0,5	96,2	—	—	—	—	—
E <sub>3</sub>	23,1	—	19,9	1,5	92,6	—	—	—	—	—
Итого	31,0	2,1	24,9	2,0	93,5	—	—	—	—	—

кацию акад. В. Н. Сукачева, в то время как в остальных областях региона — типологию П. С. Погребняка. Анализ показал, что распределение лесопокрытой площади по типам леса и породам в Тамбовской области аналогично распределению в Липецкой. В типах С<sub>2</sub>—С<sub>3</sub> (особенно в этих двух областях) велика доля хвойных насаждений, а в других типах незначительна доля мягколиственных.

В настоящее время состояние дубовых и твердолиственных лесов неудовлетворительно, и требуется активное вмешательство человека. По учету на 1 января 1973 г. в ЦЧЭР из 0,6 млн. га покрытой лесом площади насаждения твердолиственных пород продуктивностью II класса бонитета и выше с полной 1,0—0,7 занимают всего 0,2 млн. га (33,2%), в европейской части РСФСР — 1,3 млн. га (20%). Изреженных насаждений той же продуктивности по региону оказалось 0,1 млн. га (16,8%), в европейской части РСФСР — 0,9 млн. га (13%). Остальная часть лесов ЦЧЭР площадью 0,3 млн. га (50%) занята насаждениями III и ниже классов бонитета, которые не могут обеспечивать потребность народного хозяйства в сортиментах дубовых и твердолиственных пород. По европейской части РСФСР таких площадей 3,8 млн. га (67%).

В ЦЧЭР из 0,56 млн. га дубовых насаждений 0,37 млн. га (66%) занимают порослевые низкоствольные насаждения, в европейской части РСФСР — 3,1 млн. га из 4,4 млн. га (70%). При детальном изучении в условиях Воронежской области и других областях региона оказалось, что себестоимость выращивания древесины в твердолиственных низкоствольных хозяйствах, даже для I пояса таксовых цен, выше таксовой стоимости спелых твердолиственных насаждений [1]. По региону из 21,6 тыс. га спелых твердолиственных насаждений 13,8 тыс. га (64%) приходится на низкоствольные насаждения.

Сказанное свидетельствует о том, что занятые дубовыми и твердолиственными насаждениями площади используются неэффективно и нерентабельно.

Таблица 1

по областям ЦЧЭР под твердолиственные насаждения  
местопроизрастания

по областям ЦЧЭР, тыс. га									
Курская					Белгородская				
Всего	В том числе			Степень использо- вания, %	Всего	В том числе			Степень использо- вания, %
	дуб		прочие тврдоли- ственные			дуб		прочие тврдоли- ственные	
	Высо- коство- льные	Низко- стволь- ные				Высоко- стволь- ные	Низко- стволь- ные		
12,6 0,6	4,2 —	4,1 0,6	0,1 —	65,0 100,0	1,7 —	0,4 —	1,2 —	— —	94,1 —
13,2	4,2	4,7	0,1	68,1	1,7	0,4	1,2	—	94,1
30,1	1,2	27,3	0,2	95,3	46,2	0,2	43,7	1,4	98,0
83,4	27,3	36,8	4,9	82,7	118,8	84,6	28,1	3,2	97,5
4,9	2,2	0,8	0,2	65,3	2,3	—	0,7	0,7	60,9
118,4	30,7	64,9	5,3	85,2	167,3	84,8	72,5	5,3	97,1
1,3	1,2	—	—	92,3	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,3	1,2	—	—	92,3	—	—	—	—	—

При наличии в ЦЧЭР низкоствольных дубовых насаждений и других твердолиственных пород 0,3 млн. га низкополнотных насаждений (из площади насаждений продуктивности II класса бонитета и выше) более 85,0 тыс. га, по учету лесного фонда на 1 января 1973 г., числится в лесокультурном фонде ЦЧЭР. Однако реконструкции подлежит всего 8,5 тыс. га. Это приводит к неправильной ориентации при планировании и снижению объема лесокультурных работ в регионе, якобы по причине отсутствия лесокультурного фонда.

В целях более эффективного использования земель лесного фонда необходимо развернуть работы по реконструкции насаждений, переводу низкоствольных насаждений в высокоствольные и повышению продуктивности твердолиственных насаждений III—V классов бонитета. Пока эти работы носят характер единичных экспериментов.

## ЛИТЕРАТУРА

[Ц. Воронин И. В., Бугаев В. А., Масленников С. А., Смородин В. П. Лесное хозяйство ЦЧЭР за 50 лет Советской власти. Воронеж, Центрально-Черноземное кн. изд-во, 1970. 236 с.

Поступила 13 сентября 1978 г.

УДК 658.58 : 330.115

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПОТРЕБНОСТИ В ОБНОВЛЕНИИ И КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

М. Д. КАРГОПОЛОВ, Ю. П. КОНОНОВ, Б. В. УВАРОВ

Архангельский лесотехнический институт, СевНИИП

Объемы капитальных ремонтов и обновление оборудования рассчитываются на основе теории старения. Метод расчета реализован на ЭВМ.

Для решения поставленной задачи могут быть использованы методы теории восстановления [1], моделирующей динамику основных фондов. Эти методы позволяют описать движение основных фондов при условии, что срок службы единицы основных фондов — случайная переменная, подчиняющаяся известному закону распределения. При этом предполагается, что основные фонды представлены большим числом достаточно однородных единиц. Можно считать, что основные группы лесозаготовительного оборудования удовлетворяют этим условиям и что к этим группам применим метод теории восстановления. В целях расширения области применения задачи рассматривается модель расширенного восстановления лесозаготовительного оборудования, в которой предполагается, что в каждом периоде в совокупность вводится больше новых основных фондов, чем было изъято. Простое восстановление или уменьшение числа оборудования заданного вида — частные случаи данной модели.

Использование теории восстановления позволяет учесть зависимость потребности в замене оборудования в будущие периоды от наличия и состояния этого оборудования на момент планирования.

Проведение капитальных ремонтов увеличивает срок службы оборудования, которое как бы «молодеет» на какой-то отрезок времени [2]. При каждом таком ремонте происходит восстановление определенного числа изношенных элементов. Чем больше капитальных ремонтов прошла данная единица оборудования, тем больше элементов требует восстановления при очередном ремонте. Наконец, наступает такое состояние, когда капитальный ремонт становится экономически невыгодным, и оборудование списывают. В общем случае число капитальных ремонтов, проходимых каждой единицей оборудования за срок службы, — случайная величина.

Исследования теории восстановления основных фондов позволяют определить математическую зависимость между сроком службы оборудования и количеством его капитальных ремонтов и тем самым совместить задачу расчета капитальных ремонтов с планированием потребности в замене оборудования.

Основные предположения заключаются в следующем:

а) выбытие оборудования и направление его в капитальный ремонт рассматриваются в заранее определенные моменты, интервалы времени между которыми принимаются равными году;

б) на место изношенного вводится новое оборудование;

в) замена новым изношенного оборудования и направление его в капитальный ремонт производится в конце каждого интервала;

г) процесс выбытия и замены оборудования рассматривается в условиях расширенного восстановления. Под этим понимается, что известна не только начальная численность совокупности, но и численность оборудования во все последующие периоды рассматриваемого срока планирования;

д) каждая единица оборудования до списания проходит некоторое фиксированное количество капитальных ремонтов, определяемое частотой ремонтов и сроком службы оборудования, так что в каждом интервале времени в совокупности имеется оборудование, не проходившее ни одного капитального ремонта и прошедшее один, два и т. д. капитальных ремонтов;

е) оборудование списывается после прохождения положенного числа капитальных ремонтов, при этом средняя продолжительность службы должна быть равна заданной;

ж) характеристики оборудования измеряются вероятностями  $r_k^j$  ( $j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $k = 0, 1, 2, 3, \dots, T$ ), которые численно показывают вероятность того, что оборудование не будет отправлено в  $j$ -капитальный ремонт по истечении  $k$  лет эксплуатации с момента прохождения очередного капитального ремонта или ввода в действие. Здесь  $n$  — максимальное количество капитальных ремонтов, проходимых каждой единицей оборудования;  $T$  — максимальный срок эксплуатации оборудования с момента очередного капитального ремонта или ввода в эксплуатацию. При  $j = n$  оборудование не отправляется в капитальный ремонт, а списывается.

В указанной постановке задача восстановления фондов несколько отличается от рассмотренных в работе [1], в связи с тем, что лесозаготовительное оборудование при прохождении капитального ремонта обезличивается. Это не позволяет установить истинный статистический ряд распределения сроков выбытия оборудования и вынуждает основывать расчет на статистических данных о доремонтных и межремонтных ресурсах. Имея такие данные, можно, зная средний срок службы оборудования, установить среднее число капитальных ремонтов оборудования и построить статистический ряд распределения его выбытия.

Введем следующие обозначения:

$v_k^j$  — численность имеющегося на предприятии оборудования, прослужившего  $k$  лет после  $j$ -того капитального ремонта или с момента ввода в эксплуатацию;

$u_k^j$  — численность оборудования, направляемого в очередной капитальный ремонт;

$T_{\text{ср}}$  — средний срок службы оборудования;

$T_{\text{нар}}^{\text{ср}}$  — среднегодовая наработка оборудования;

$u_i$  — количество оборудования, которое необходимо дополнительно приобрести в  $i$ -том году планирования ( $i = 1, 2, 3, \dots, J$ );

$N_i$  — количество оборудования, которое необходимо для выполнения работ в  $i$ -том году планирования.

Для расчета считаем, что известны:

$T_{\text{нар}}^{\text{ср}}$  — среднегодовая наработка оборудования;

$v_k^j$  — состав оборудования по возрастам к началу планирования;

$T_{\text{ср}}$  — средний срок службы оборудования;

$N_i$  — требуемая численность оборудования в  $i$ -том периоде планирования;

- $J$  — число периодов планирования;  
 $T$  — максимальный срок эксплуатации оборудования после очередного капитального ремонта или с момента ввода в эксплуатацию.

Поскольку оборудование в процессе капитального ремонта обезличивается, можно считать, что после каждого ремонта характеристики оборудования одинаковы:

$$r_k^1 = r_k^2 = r_k^3 = \dots = r_k^j = \dots = r_k^n. \quad (1)$$

Поэтому достаточно определить вероятности неотправления в капитальный ремонт оборудования, не проходившего ранее ремонтов ( $r_k^0$ ), и оборудования, проходившего ремонты ( $r_k^1$ ). Эти вероятности определяются статистически на основании фактических данных о доремонтных и межремонтных ресурсах оборудования. Исследования [3, 5] показали, что распределение ресурсов оборудования почти совпадает с теоретическим распределением Вейбула, вследствие чего вероятности  $r_k^0$  и  $r_k^1$  могут быть вычислены по следующим формулам [4]:

$$r_k^0 = \exp \left[ - \frac{(k\Delta T_{\text{нар}}^{\text{сп}})^{\beta_D}}{\alpha_D} \right]; \quad (2)$$

$$r_k^1 = \exp \left[ - \frac{(k\Delta T_{\text{нар}}^{\text{сп}})^{\beta_\mu}}{\alpha_\mu} \right], \quad (3)$$

где  $\alpha_D$ ,  $\alpha_\mu$  и  $\beta_D$ ,  $\beta_\mu$  — параметры формы и масштаба распределения Вейбула, соответственно для оборудования, не проходившего и проходившего капитальные ремонты.

Эти параметры могут быть определены решением системы уравнений [4]:

$$\begin{cases} \frac{M}{\beta} + \sum_{m=1}^M \ln(t_m) - \frac{M}{\sum_{m=1}^M (t_m)^\beta} \sum_{m=1}^M (t_m)^\beta \ln(t_m) = 0; \\ \alpha = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (t_m)^\beta, \end{cases}$$

где  $M$  — количество статистических данных по доремонтным (для определения  $\alpha_D$ ,  $\beta_D$ ) и межремонтным (для определения  $\alpha_\mu$ ,  $\beta_\mu$ ) ресурсам;

$t_m$  — величина фактически наблюдаемого  $m$ -го доремонтного или межремонтного ресурса оборудования.

Эта система уравнений решается методом последовательного поиска параметров  $\alpha$  и  $\beta$ .

Количество единиц оборудования  $v_k^j$  определяется на основании фактических данных о наличии и техническом состоянии оборудования на предприятиях. При этом общее количество оборудования к началу планирования  $N_0$  будет равно

$$N_0 = \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^T v_k^j.$$

Средний срок службы  $T_{\text{ср}}$  может быть вычислен на основании норм амортизации на полное восстановление. Согласно теории восстановления [1], должно соблюдаться равенство

$$T_{\text{ср}} = \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^T r_k^j.$$

Отсюда, принимая во внимание условие (1), величину  $n$  можно определить по формуле

$$n = \frac{T_{\text{ср}} - \sum_{k=0}^T r_k^0}{\sum_{k=0}^T r_k^1}.$$

Расчет перспективной потребности в капитальных ремонтах и обновлении оборудования заключается в последовательном заполнении столбцов табл. 1. В начале расчетов в таблице заполняются столбцы, содержащие значения  $r_k^j$  и  $v_k^j$ .

Для этого весь состав оборудования разбивается на  $n + 1$  групп. В первую группу входит оборудование, не проходившее капитальных ремонтов, во вторую — прошедшее один капитальный ремонт, в третью — два капитальных ремонта и т. д. Внутри каждой группы оборудование распределяется по числу периодов, прошедших с начала эксплуатации или после предыдущего ремонта. Для каждого  $k$ -того периода по формулам (2) и (3) определяются вероятности  $r_k^0$  и  $r_k^1$ .

Далее в каждой группе заполняются элементы таблицы, расположенные по главной диагонали прямоугольника со стороной  $0 \div (T-1)$ . Так, если в начальный момент времени в первой классификационной группе было  $v_0^0$  единиц оборудования, то в момент времени 1 их будет, вероятно,  $v_0^0 r_1^0$ ; в момент времени 2 —  $v_0^0 r_2^0$  и т. д. Далее заполняются элементы, расположенные под главной диагональю. Так как в момент времени 0 было  $v_1^0$  единиц оборудования, уже прослуживших один интервал времени, то вероятность того, что они не будут направлены в капитальный ремонт в следующий момент времени, равняется  $\frac{r_2^0}{r_1^0}$ . Это условная вероятность того, что оборудование не будет направлено в ремонт по меньшей мере два интервала времени. Следовательно, вероятное количество единиц оборудования, не направленных в капитальный ремонт в момент времени 1, будет  $v_1^0 \frac{r_2^0}{r_1^0}$ , в момент времени 2 —  $v_1^0 \frac{r_3^0}{r_1^0}$  и т. д. Аналогичным образом рассчитываются элементы, расположенные по главной диагонали и ниже ее, и для других групп оборудования.

Выражения  $u_i$ , записываемые над главной диагональю в первой группе, относятся к новым единицам оборудования, вводимым в эксплуатацию в  $i$ -том году. Выражения  $u_i^j$  для других групп относятся к обновляемым единицам оборудования за счет проведения капитальных ремонтов в моменты времени 1, 2, 3, ...,  $J$ . Вероятности неотправления в капитальные ремонты этих единиц оборудования являются абсолютными. Так, если в момент времени 1 было  $u_1$  новых единиц обо-



Продолжение табл. 1

Классификационные группы оборудования	Возраст (лет)	Характеристики	Номера периодов планирования							J	
			0	1	2	3	T-1	T	J-1		
Оборудование, прошедшее капитальных ремонтов	T-1	$r_{T-1}^1$	$v_{T-1}^1$	$v_{T-2}^1 \frac{r_{T-1}^1}{r_{T-2}^1}$	$v_{T-3}^1 \frac{r_{T-1}^1}{r_{T-3}^1}$	$v_{T-4}^1 \frac{r_{T-1}^1}{r_{T-4}^1}$	...	$v_0^1 r_{T-1}^1$	$u_{T-1}^1 r_{T-1}^1$	$u_{J-T}^1 r_{T-1}^1$	$u_{J-T+1}^1 r_{T-1}^1$
	T	$r_T^1 = 0$	0	0	0	0	...	0	0	0	0
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	0	$r_0^n = 1$	$v_0^n$	$u_1^n$	$u_2^n$	$u_3^n$	...	$u_{T-1}^n$	$u_T^n$	$u_{J-1}^n$	$u_{J-2}^n r_1^n$
1	$r_1^n$	$v_1^n$	$v_0^n r_1^n$	$u_1^n r_1^n$	$u_2^n r_1^n$	...	$u_{T-2}^n r_1^n$	$u_{T-1}^n r_1^n$	$u_{J-2}^n r_1^n$	$u_{J-3}^n r_1^n$	$u_{J-4}^n r_3^n$
2	$r_2^n$	$v_2^n$	$v_1^n \frac{r_2^n}{r_1^n}$	$v_0^n r_2^n$	$v_1^n r_2^n$	...	$u_{T-3}^n r_2^n$	$u_{T-2}^n r_2^n$	$u_{J-3}^n r_2^n$	$u_{J-4}^n r_3^n$	$u_{J-5}^n r_3^n$
3	$r_3^n$	$v_3^n$	$v_2^n \frac{r_3^n}{r_2^n}$	$v_1^n \frac{r_3^n}{r_1^n}$	$v_0^n \frac{r_3^n}{r_1^n}$	...	$u_{T-4}^n r_3^n$	$u_{T-3}^n r_3^n$	$u_{J-4}^n r_3^n$	$u_{J-5}^n r_3^n$	$u_{J-6}^n r_3^n$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
T-1	$r_{T-1}^n$	$v_{T-1}^n$	$v_{T-2}^n \frac{r_{T-1}^n}{r_{T-2}^n}$	$v_{T-3}^n \frac{r_{T-1}^n}{r_{T-3}^n}$	$v_{T-4}^n \frac{r_{T-1}^n}{r_{T-4}^n}$	...	$v_0^n r_{T-1}^n$	$u_{T-1}^n r_{T-1}^n$	$u_{J-T}^n r_{T-1}^n$	$u_{J-T+1}^n r_{T-1}^n$	
T	$r_T^n = 0$	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0
Всего		$T_{cp}$	$N_0$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	...	$N_{T-1}$	$N_T$	$N_{J-1}$	$N_J$

рудования, в момент времени 2 их, вероятно, будет  $u_1 r_1^0$ , в момент времени 3 —  $u_1 r_2^0$  и т. д.

Количество оборудования, переходящее на данном интервале времени из одной группы в другую, определяется разностью между числом оборудования в предыдущем и последующем периодах. Например, количество оборудования, направляемое в первый капитальный ремонт во втором периоде, равно

$$u_2^1 = \left[ u_1 + v_0^0 r_1^0 + v_1^0 \frac{r_2^0}{r_1^0} + v_2^0 \frac{r_3^0}{r_2^0} + \dots + v_{T-2}^0 \frac{r_{T-1}^0}{r_{T-2}^0} \right] - \left[ u_1 r_1^0 + v_0^0 r_2^0 + v_1^0 \frac{r_3^0}{r_1^0} + \dots + v_{T-3}^0 \frac{r_{T-1}^0}{r_{T-3}^0} \right].$$

Количество нового оборудования, подлежащее вводу в совокупность в  $i$ -том периоде, определяется разностью между  $N_i$  и количеством оставшегося после списания оборудования, равного сумме чисел соответствующего столбца. Например, количество оборудования, которое необходимо дополнительно приобрести в третьем периоде планирования, равно

$$u_3 = N_3 - \left[ \left( u_2 + u_1 r_1^0 + v_0^0 r_2^0 + v_1^0 \frac{r_3^0}{r_1^0} + \dots + v_{T-3}^0 \frac{r_{T-1}^0}{r_{T-3}^0} \right) + \left( u_2^1 + u_1^1 r_1^1 + v_0^1 r_2^1 + v_1^1 \frac{r_3^1}{r_1^1} + \dots + v_{T-3}^1 \frac{r_{T-1}^1}{r_{T-3}^1} \right) + \dots + \left( u_2^n + u_1^n r_1^n + v_0^n r_2^n + v_1^n \frac{r_3^n}{r_1^n} + \dots + v_{T-3}^n \frac{r_{T-1}^n}{r_{T-3}^n} \right) \right].$$

По описанному алгоритму составлена программа решения задачи на ЭВМ «Минск-32» и приводятся расчеты по планированию ремонтов лесозаготовительного оборудования для предприятий объединения Архангельсклеспром.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кожневская И. Теория обновления основных фондов и рекуррентные уравнения. М., «Статистика», 1971. [2]. Кофман А. Методы и модели исследования операций. М., 1966. [3]. Лазовский В. В. Закономерность процессов, связанных с работой машин. Труды СибВИМа, вып. 3, 1966. [4]. Справочник по надежности Т-1. М., «Мир», 1969. [5]. Халфин М. А. Статистический метод определения межремонтного срока службы машин. М., 1967.

Поступила 31 октября 1977 г.

УДК 634.0.79

## ОБОСНОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ И СТРУКТУРЫ ФОНДА РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Э. В. ВОРОБЬЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Рассмотрены затраты на техническое перевооружение производства в зависимости от выбытия машин и оборудования. Предложена номограмма для определения величины и структуры ФРП в расчете на 1 м<sup>3</sup> вывезенной древесины.

Ориентация инвестиционной политики в целом по народному хозяйству на техническое перевооружение действующих предприятий требует уточнения ряда вопросов, связанных с формированием фонда развития производства как источника финансирования затрат на эти цели.

Как известно, техническое перевооружение производства происходит в результате замены изношенных средств труда новыми, более совершенными, а также в процессе механизации и автоматизации ручного труда. В лесозаготовительном производстве техническое перевооружение в данный период времени сопровождается расширением массы действующих основных фондов. Так, в 1976 г. затраты на техническое перевооружение производства по лесозаготовительным объединениям Минлеспрома СССР почти в 1,5 раза превысили стоимость выбывших средств труда, что свидетельствует о расширенном характере воспроизводства основных фондов.

В масштабе всего общества источником простого воспроизводства основных фондов является фонд возмещения потребленных средств труда, а источником расширенного воспроизводства — общественный прибавочный продукт в части, предназначенной для накопления. На уровне предприятия — это амортизационный фонд и прибыль, которые и являются основными источниками формирования фонда развития производства.

Следовательно, решение вопроса о необходимом размере и структуре фонда развития производства всецело связано с установлением границ простого и расширенного воспроизводства основных фондов в процессе технического перевооружения предприятий.

В результате математико-статистической обработки данных лесозаготовительных объединений Минлеспрома СССР (многолесные районы) было получено уравнение регрессии, аппроксимирующее зависимость между удельными затратами на техническое перевооружение производства ( $K$ ) и стоимостью выбывших машин и оборудования ( $B$ ) следующим образом:

$$K = 1,591B + 0,002 \text{ р./м}^3.$$

Коэффициент при первом члене этого уравнения показывает превышение затрат на техническое перевооружение над суммой выбытия, а свободный член характеризует затраты, не связанные с возмещением выбытия средств труда (например на механизацию и автоматизацию ручного труда).

Высокое значение коэффициента корреляции ( $r = 0,826$ ) и незначительность свободного члена уравнения регрессии (величиной которого мы в последующих расчетах пренебрегаем) позволили сделать следующие выводы:

выбытие машин и оборудования может быть принято в качестве исходного момента при обосновании размера фонда, характеризуя его минимальную величину и размер направляемых в фонд амортизационных отчислений;

соотношение между затратами на техническое перевооружение производства и выбытием машин и оборудования, представленное коэффициентом регрессии, дает возможность определить общий размер фонда и прибыль, направляемую в фонд.

Следующий вопрос, который возникает при обосновании величины и структуры фонда развития производства — это определение размера ожидаемого выбытия машин и оборудования. Возможность использования для этой цели коэффициента выбытия, сложившегося в предшествующие планируемому периоду годы, мы отвергаем, так как это потребует определения коэффициентов выбытия за довольно значительный период времени, что усложняет порядок планирования фонда. Нам

представляется целесообразным определять ожидаемое выбытие машин и оборудования исходя из величины фондоемкости, исчисленной по активной части основных фондов, средней нормы амортизации на реновацию машин и оборудования и сложившегося соотношения между выбытием и амортизацией.

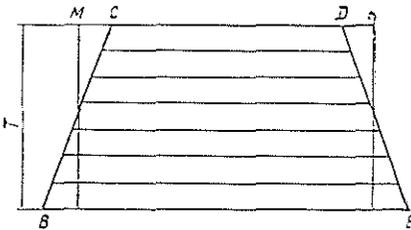


Рис. 1. Схема для обоснования соотношения между выбытием машин и оборудования и амортизацией на их реновацию.

Как известно, в условиях расширенного воспроизводства основных фондов величина их ежегодного выбытия меньше начисленной суммы амортизации на реновацию, поскольку выбытию подлежат средства труда, введенные ряд лет назад, а амортизация начисляется со всей массы основных фондов. Для обоснования соотношения между выбытием машин и оборудования и амортизацией на их реновацию воспользуемся уже известной в литературе схемой (рис. 1).

На этой схеме вся масса основных фондов представлена в виде трапеции, состоящей из нескольких ступеней, количество которых равно среднему сроку службы средств труда. Верхняя ступень — это основные фонды, выбывающие к концу планируемого года, нижняя — основные фонды, введенные в действие к началу планируемого года.

В соответствии с этой схемой вся масса действующих основных фондов ( $O\Phi$ ) составит

$$O\Phi = \frac{BE + CD}{2} \cdot T = MN \cdot T.$$

Величину амортизации на реновацию основных фондов ( $A_p$ ) можно представить следующим образом:

$$A_p = \frac{O\Phi}{T} = MN.$$

Выбытие основных фондов к концу года будет характеризоваться величиной  $CD$ .

Тогда соотношение между выбытием основных фондов и амортизацией на их реновацию определится отношением  $CD$  к  $MH$ .

Расчеты показали, что в условиях лесозаготовительного производства при среднем сроке службы машин и оборудования около 7 лет и превышении ввода над выбытием в 1,6 раза (что было установлено предыдущими расчетами) соотношение между выбытием активных средств труда и амортизацией на их реновацию составляет 0,75—0,80. Умножив эту величину на удельную фондоемкость, исчисленную по активной части, и на среднюю норму амортизации на реновацию машин и оборудования, получим величину ожидаемого выбытия этой части основных фондов в расчете на единицу продукции.

В целом процесс обоснования величины и структуры фонда развития производства как источника технического перевооружения лесозаготовительных предприятий может быть представлен в виде номограммы изображенной на рис. 2.

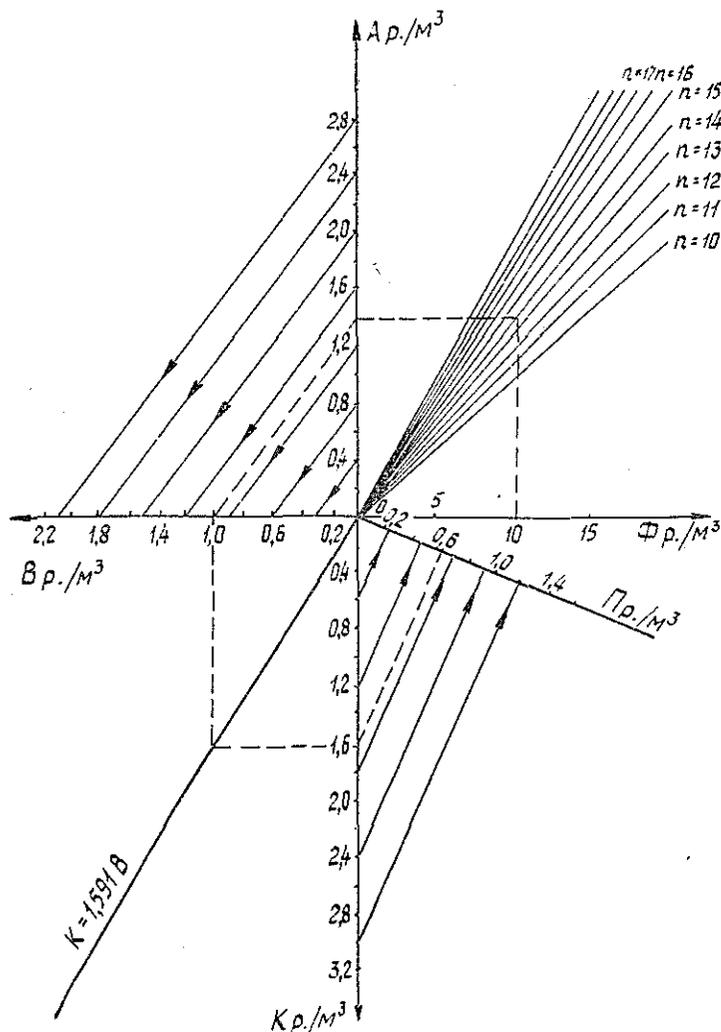


Рис. 2. Номограмма для определения величины и структуры фонда развития производства в расчете на 1 м<sup>3</sup> вывезенной древесины.

На оси  $O\Phi$  откладывается значение фондоемкости продукции, исчисленной по активной части основных фондов. Под различными углами к оси  $O\Phi$  расположено семейство линий, показывающих значения средней нормы амортизации на реновацию машин и оборудования. Пересечение перпендикуляра, восстановленного из точки, показывающей фондоемкость на оси  $O\Phi$ , и линии, соответствующей средней норме амортизации на реновацию, дает значение суммы амортизационных отчислений (или нормативного выбытия основных фондов), которое откладывается на оси  $OA$ . Линия, проведенная из полученной на оси  $OA$  точки на ось  $OB$  параллельно указанному в плоскости  $AOB$  направлению, покажет на оси  $OB$  точку, соответствующую размеру ожидаемого выбытия активных средств труда и, следовательно, величину амортизационных отчислений, которые необходимо направить в фонд развития производства. Перпендикуляр, восстановленный из точки на оси  $OB$  до пересечения с линией, находящейся в плоскости  $BOK$  и аппроксимирующей зависимость затрат на техническое перевооружение от величины выбытия машин и оборудования, покажет положение точки на оси  $OK$ , позволяющей определить величину удельных затрат на техническое перевооружение производства, а значит, и величину фонда развития производства как источника финансирования этих затрат. Линия, проведенная из полученной на оси  $OK$  точки перпендикулярно линии  $OP$ , расположенной в плоскости  $KO\Phi$ , покажет на этой линии точку, соответствующую размеру прибыли, которую необходимо направить в фонд развития производства.

Для малолесных районов сделанные выводы справедливы с поправкой на величину выбытия, которое происходит безвозвратно в связи с исчерпанием запасов сырьевой базы и свертыванием объемов производства.

Результаты расчетов по изложенной выше методике показали, что: размер фонда развития производства, достаточный для обеспечения технического перевооружения лесозаготовительных предприятий, должен быть увеличен по сравнению с существующим в 2—2,5 раза и составить 5—6,5% к основным производственным фондам;

амортизационные отчисления в составе фонда должны занимать 60—65%, а норматив отчислений от амортизации на реновацию, определенный в среднем в размере 45%, должен быть дифференцирован по группам объединений и составлять: в малолесных районах — 40%, в многолесных районах Урала и Западной Сибири — 45%, в многолесных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока — 47%;

прибыль в составе фонда должна занимать 35—40% и составлять 2—2,5% к основным производственным фондам, что предполагает (при нормативном уровне рентабельности 15%) отчисления в фонд в среднем в размере 16% балансовой прибыли.

---

Поступила 7 июля 1978 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232.31.001.18

**ЖЕНСКАЯ И МУЖСКАЯ СЕКСУАЛИЗАЦИЯ  
В КРОНЕ ЕЛИ ПРИ МАЛОМ УРОЖАЕ**

*А. И. БАРАБИН, П. И. ВОЙЧАЛЬ*

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается характер распределения генеративных органов в кроне ели. Делается вывод, что деревья диаметром 16—20 см не годятся для составления прогнозов цветения по обилию женских почек. По мужским почкам можно судить о балле урожайности лишь ориентировочно.

При работе по прогнозированию урожаяв семян ели перечет всех зачатков шишек в кроне даже одного дерева практически невозможен, хотя для большей достоверности требуется учет зачатков на нескольких деревьях. Поэтому возникла необходимость подробно изучить распределение генеративных почек в кроне, чтобы знать наиболее и наименее урожайные ветки с женской и мужской сексуализацией. Первые работы проведены в этом направлении в урожайном 1965 г. [1].

Имея данные и по малоурожайному году, интересно было выявить закономерности в распределении урожаяв по кронам в разные годы. Было изучено размещение женских шишек и мужских колосков в кронах 23 елей в малоурожайном 1967 г. при семеношении по второму баллу. Как и в 1965 г., все деревья изучали на лесоразработках в Емцовском леспрохозе Плесецкого района Архангельской области. Тип леса ельник-черничник, полнота 0,5. На каждом дереве учитывали урожай с веток каждых пяти мутовок. Как показали исследования, при низком урожае семян характер кривой сохраняется (рис. 1), несмотря на большую разницу в урожае (табл. 1).

Таблица 1

Тип ельника	Состав насаждения	Класс возраста	Средний диаметр ели, см	Полнота	Число деревьев ели на 0,5 га	Процент плодоносящих деревьев		Число шишек на одном дереве	
						1965 г.	1967 г.	1965 г.	1967 г.
Черничник	6ЕЗС1Б	V	20	0,8	209	67	30	22	6
Брусничник	8Е1С1Лц	V	16	0,4	223	89	25	19	4
Лог	7Е2С1Б	VIII	28	0,6	170	82	35	43	7
Кисличник	10Е, ед. С	Vi	24	0,9	260	45	22	16	9

Однако из рис. 1 легко обнаруживается и большая разница. Во-первых, шишки встречаются в основном только на деревьях диаметром 24 см и более. Причем в малоурожайный год зона распределения шишек не опускается ниже 20-й мутовки, тогда как в урожайный год доходит до 45-й (рис. 1, табл. 2). Во-вторых, максимум мужских колосков резко смещается вверх и с 35—60-й мутовки поднимается до 20—45-й, а у деревьев диаметром 16—20 см даже до 15-й, частично занимая область женской сексуализации семенного года. В урожайный год мужские колоски, как правило, появляются с 15—20-й мутовки и доходят до 60-й и даже 107-й. В малоурожайный год зона их распространения приурочена к верхней части кроны, она начинается с 5—10-й мутовки и доходит только до 25—73-й (табл. 2). При этом максимум женских шишек, там где они есть, сохраняется на 6—10-й мутовках, как в год обильного урожая.

Интересно сопоставить количество шишек и колосков в эти два года (табл. 3).

Таким образом, по сравнению с семенным годом, в год малого урожая на деревьях диаметром 28—32 см образуется примерно половина шишек, а число мужских колосков составляет только 1/10—1/20 часть. На более тонких деревьях шишек и колосков развивается в 4—6 раз меньше, чем в урожайный год.

Полученные результаты позволяют сделать выводы, прежде всего, о постоянстве индикаторных (сигнальных) мутовок при прогнозировании урожая по зачаткам женских почек. Независимо от размеров урожая максимум женских зачатков приходится

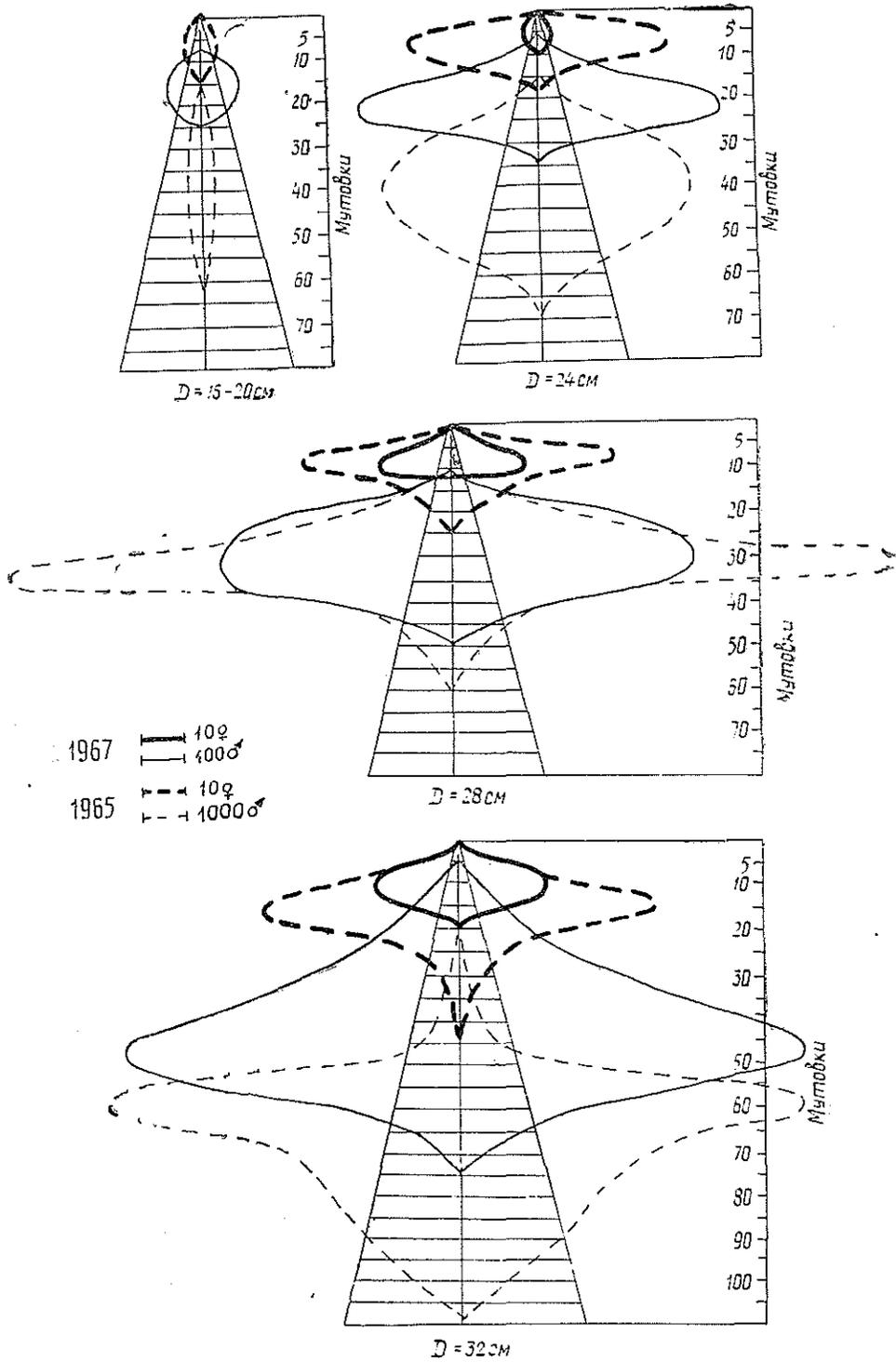


Рис. 1. Распределение генеративных органов по кронам ели в семенном и малоурожайном годах.

Таблица 2

Диаметр дерева, см	Мутовки с женскими шишками		Мутовки с мужскими колосками	
	1965 г.	1967 г.	1965 г.	1967 г.
16—20	1—15	—	15—62	7—25
24	1—20	1—7	17—68	5—35
28	1—26	1—12	13—60	10—50
32	1—45	1—20	20—107	5—73

Таблица 3

Диаметр дерева, см	Наибольшее число шишек на пяти мутовках		Наибольшее число колосков на пяти мутовках	
	1965 г.	1967 г.	1965 г.	1967 г.
16—20	5	—	670	170
24	60	10	7000	820
28	72	35	20000	1070
32	90	42	16000	1550

на 6—10-ю мутовки, а на первые пять — примерно половина от этого числа. Следовательно, на этих мутовках и нужно считать зачатки.

Чрезвычайно важным коррективом к прежним представлениям о выборе модельных деревьев при прогнозировании служит почти полное отсутствие женских шишек на деревьях диаметром 12—20 см. Деревья высших диаметров дают небольшой урожай и могут быть использованы если не для сбора шишек, то как жировочная станция для белка и других лесных семенофагов. Следовательно, прогнозировать урожай в малоурожайные годы можно только по деревьям диаметром 24 см и выше.

Далее следует вывод о непостоянстве распределения мужских колосков и о невозможности указать сигнальные мутовки для подсчета мужских зачатков в целях прогнозирования урожая. Между тем именно мужские почки легче всего узнаются по их морфологическим признакам и именно по ним рекомендует делать прогноз А. А. Молчанов [2]. Отсутствие постоянства в максимуме кривой распределения мужских почек по кроне делает необходимым подсчет зачатков на всех мутовках дерева и, конечно, не одного, а нескольких, что технически затруднительно. О балле будущего цветения можно судить по ним только ориентировочно, просматривая кроны и глазомерно устанавливая число мужских почек. В год обильного урожая их число в кронах во много раз больше, чем в год малого урожая. Такая закономерность отмечена нами также и в 1973 (урожайном), и в 1975 (малоурожайном) годах.

Наконец, интересен факт смещения мужской сексуализации вверх по кроне в год пониженного урожая. Это значит, что создаются такие же условия плодоношения на верхних мутовках в неурожайный год, как на средних ветках в семенной год.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабин А. И. Выбор веток из кроны ели для подсчета зачатков соцветий при прогнозировании семеношения. — «Бюл. МОИП», 1968, т. 73 (1). [2]. Молчанов А. А. Предсказание урожая еловых семян по цветочным почкам. — Рефераты научно-исследовательских работ за 1945 г. М., отд. биологических наук АН СССР, 1947.

УДК 634.0.866

## О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ВОДОЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ

М. А. МАРТЮШЕВ, Л. А. ДУНАЕВСКАЯ, С. И. РЕМПЕЛЬ

Уральский лесотехнический институт

Определены вязкость, поверхностное натяжение, электрофоретическая подвижность, критическая концентрация мицеллообразования водоекстрактивных веществ древесины в зависимости от концентрации их в растворе, а в некоторых случаях — от pH раствора.

Известно, что при производстве целлюлозы водоекстрактивные вещества (ВЭВ) древесины отрицательно влияют на качество и выход целлюлозы, но, с другой стороны, — это ценный продукт для использования в ряде отраслей промышленности.

В ЛТА разработана технология облагораживания древесины (извлечение и отделение ВЭВ от основного продукта). Из выделенных ВЭВ предусмотрено получать арабиногалактан и флавоноиды (кверцетин), которые применяют в полиграфической, оптической и фармацевтической промышленности. Кроме того, весь комплекс выделенных ВЭВ древесины может быть использован в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) при строительстве и в металлургической промышленности [4—7].

Водная экстракция древесины и ее коры происходит во время сплава древесины по рекам и при сооружении искусственных водоемов, котлованы которых не были освобождены от древесных остатков. При этом нарушаются кислородный режим и жизнедеятельность водных бассейнов. Поэтому важно изучить свойства ВЭВ в свете развития научных основ рационального использования и охраны почв, недр, растительного и животного мира, воздушного и водного бассейна.

Цель данной работы — исследовать некоторые физико-химические свойства ВЭВ в зависимости от концентрации их в растворе, а в некоторых случаях — от pH раствора.

В работах [1, 2, 8, 9] изучены физико-химические свойства отдельных компонентов, входящих в состав ВЭВ древесины лиственницы. Объекты нашего исследования — ВЭВ древесины сосны и лиственницы.

Большое значение имеет концентрация ВЭВ в растворе, так как в зависимости от концентрации меняются физико-химические свойства растворов. Концентрацию растворов определяли весовым методом. Вязкостные свойства ВЭВ исследовали при помощи вискозиметра Оствальда при температуре +20°C.

Результаты изучения влияния величины pH и концентрации ВЭВ древесины на изменение вязкости приведены на рис. 1 и 2. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что увеличение концентрации растворов ВЭВ лиственницы приводит к возрастанию вязкости, а увеличение pH почти не влияет на изменение вязкости исследуемых растворов.

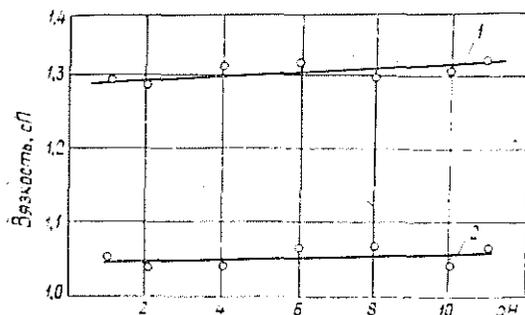


Рис. 1. Изменение вязкости с изменением pH в растворе ВЭВ сосны (1) и лиственницы (2).

Растворы ВЭВ древесины обладают поверхностно-активными свойствами [7]. Одна из характеристик этих свойств — критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), которую определяют путем построения кривой поверхностного натяжения в полулогарифмических координатах и которая соответствовала содержанию ВЭВ в количестве 3%.

Наличие ККМ следует объяснить присутствием в растворе производных многоатомных фенолов (таннидов), входящих в состав водных экстрактов древесины. Известно [2], что первичные частицы таннидов способны ассоциироваться в мицеллы.

Нами показано, что растворы ВЭВ древесины дают ярко выраженный конус Тиндаля.

Исходя из имеющихся сведений о свойствах и составе ВЭВ древесины, определяли электрофоретическую подвижность (скорость электрофореза) частиц ВЭВ по методике, приведенной в работе [3]. Исследовали зависимость скорости электрофореза от pH и от концентрации растворов листовенницы при pH = 6,9 ÷ 7,0.

Установлено, что под влиянием приложенной разности потенциалов происходит перемещение заряженных частиц к аноду при всех значениях pH. Это означает, что частицы ВЭВ древесины заряжены отрицательно.

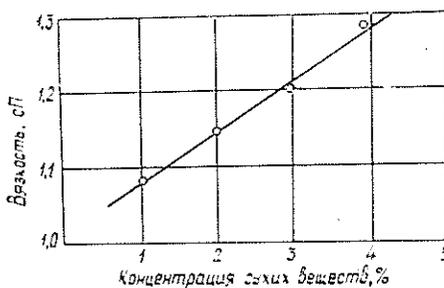


Рис. 2. Изменение вязкости с изменением концентрации в растворе ВЭВ листовенницы.

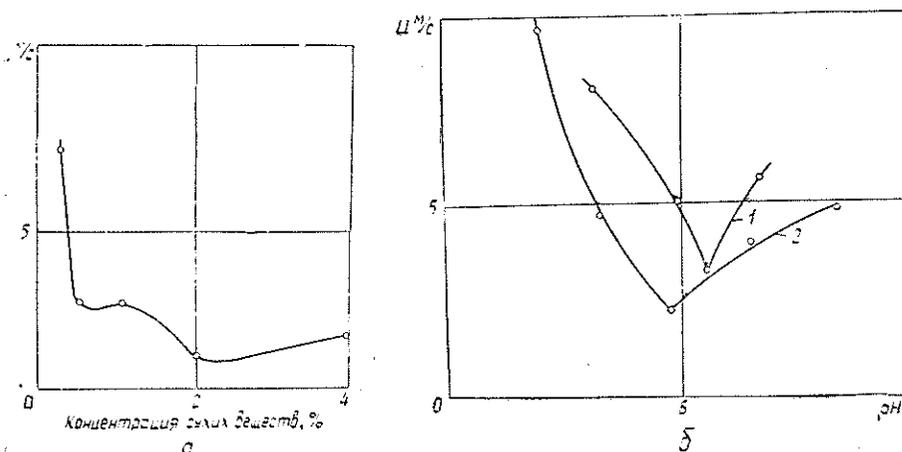


Рис. 3. Изменение скорости электрофореза ВЭВ листовенницы с изменением концентрации ВЭВ листовенницы (а); с изменением pH раствора (б).

Представленные на рис. 3, а, б кривые показывают, что в нейтральной области pH скорость электрофореза наименьшая; в кислой области pH она увеличивается более значительно, чем в щелочной. При нейтральном pH скорость электрофореза возрастает с уменьшением концентрации раствора.

Можно заключить, что изученная нами система ВЭВ древесины обладает рядом свойств (конус Тиндаля, электрофоретическая подвижность, поверхностная активность, ККМ), позволяющих отнести ее к коллоидным поверхностно-активным веществам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антоновский С. Д., Чочнева М. И., Агишева Т. И. — В сб.: Химия древесины. Рига, «Зинатне», 1971, № 8, 145. [2]. Пасынский А. Г. Коллоидная химия. М., «Высшая школа», 1963, 135, 86, 69. [3]. Путилова И. Н. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии. М., Госхимиздат, 1943. [4]. Ремпель С. И. и др. Строительный раствор. Авт. свид. № 490770. — Бюл. «От-

крытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки». [5]. Ремпель С. И., Жданова С. В. Бетонная смесь. Авт. свид. № 306092. — Бюл. «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки». [6]. Ремпель С. И., Мартюшев М. А., Романов А. А. Строительные материалы, 1973, № 10, 23. [7]. Ремпель С. И., Мартюшев М. А. Изучение влияния водозэкстрактивных веществ древесины на технологические свойства строительства гипса. — Депонировано ВИНТИИ № 1205-74. Деп. [8]. Тюкавкина Н. А., Антонова Г. Ф. Изучение химического состава водных экстрактов сибирской лиственницы. — Изв. СО АН СССР, «Наука», 1970. [9]. Цветаева И. П., Паскерова Е. Д. — ЖПХ, 1962, т. 35, № 5, 1123—1132.

УДК 631.893.12.003.13

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Н. Г. БАБАЕВ

АзербНИИЛХА

Изучено действие минеральных удобрений на рост и развитие абрикоса и тополя канадского в опытной лесной полосе. Наибольшее положительное влияние на рост надземных органов наблюдалось в варианте удобрения  $N_{120}P_{60}$ .

Нашей задачей было изучить в течение вегетационного периода влияние различных доз и соотношений минеральных элементов на рост и развитие сеянцев и саженцев некоторых древесных пород в орошаемых условиях Карабахской равнины.

Почвы опытных участков — сероземы, луговые незасоленные и слабозасоленные. По механическому составу — средние и тяжело глинистые, с незначительным содержанием гумуса (2,2—3%); общего азота — 0,021—0,118%, фосфора — 0,170—0,190%, усвояемого фосфора в пахотном слое почвы — 12,4 мг, обменного калия — от 24 до 38 мг на 100 г почвы. Грунтовые воды на глубине 5—6 м.

Климат в зоне расположения опытных участков умеренно теплый, полусухой, континентальный. Средняя годовая температура воздуха от 13,2 до 16°C. Значительное повышение температуры воздуха начинается в апреле (+12,4°C). Июль и август — самые жаркие месяцы года; температура воздуха доходит до +40—41°C.

Количество осадков за год в среднем для районов Барды составляет 360 мм и колеблется по годам от 240 до 480 мм.

Внесение удобрений — одна из эффективных мер повышения продуктивности лесных насаждений. Поэтому в 1971 г., весной, заложены опытные участки в колхозе им. 26 бакинских комиссаров Бардинского района. В полосе сажали сеянцы абрикоса и тополя канадского. Удобрения вносились из расчета на 1 га с четырехкратной повторностью по следующей схеме (кг/га по д. в.): 1) контроль (без удобрений), 2)  $N_{60}P_{60}$ , 3)  $N_{120}P_{60}$ , 4)  $N_{60}P_{120}$ , 5)  $N_{90}P_{90}$ , 6)  $N_{120}P_{120}$ .

Азотистые удобрения применялись в виде нитрата аммония, а фосфорные — в виде суперфосфата. Фосфорные удобрения и часть азотных (50%) вносили в начале вегетации, а остальную — в середине вегетационного периода (июнь). В течение вегетационного периода участки поливали 4 раза. Изучение роста и развития древесных пород в производственных условиях на участках опытной лесной полосы в колхозе им. 26 бакинских комиссаров, где почвы длительное время используются под разные сельскохозяйственные культуры, показало положительное влияние минеральных удобрений на рост абрикоса и тополя канадского.

В контрольном варианте годичный прирост абрикоса составил 28 см, в опытных вариантах:  $N_{60}P_{60}$  — 35 см;  $N_{120}P_{60}$  — 44 см;  $N_{60}P_{120}$  — 34 см;  $N_{90}P_{90}$  — 42 см;  $N_{120}P_{120}$  — 29 см. У тополя канадского в контрольном варианте годичный прирост составил 60 см; в опытных вариантах:  $N_{60}P_{60}$  — 68 см;  $N_{120}P_{60}$  — 73 см;  $N_{60}P_{120}$  — 67 см;  $N_{90}P_{90}$  — 69 см;  $N_{120}P_{120}$  — 64 см. Данные, полученные в течение 1971—1972 гг., показали, что под влиянием орошения и минеральных удобрений рост древесных пород в полосе превосходил более энергично, чем у растений контрольных вариантов.

Из всех опытных вариантов наилучший рост надземных органов наблюдался в варианте  $N_{120}P_{60}$ : у абрикоса — 157,1%, у тополя — канадского — 121,6% по сравнению с контролем. Двухлетние опыты показали, что применение минеральных удобрений в орошаемых условиях гарантирует хороший рост растений в лесных полосах, повышает засухоустойчивость и сохранность.

## ЗА РУБЕЖОМ

УДК 634.0.6

**СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА  
УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ  
В ПОЛЬСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

Б. Н. ЖЕЛИБА

Белорусский технологический институт

Излагается современная структура организации управления лесным хозяйством Польской Народной Республики. Отражены основные сферы деятельности и производственные задачи каждой составной части отрасли и лесного предприятия. Приведены некоторые экономические показатели предприятий лесного хозяйства республики.

Лесное хозяйство ПНР — отдельная отрасль материального производства, имеющая своей целью воспроизводство, использование лесных ресурсов, управление лесным фондом.

По формам собственности леса ПНР делятся на: государственные, находящиеся в ведении Министерства лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности ПНР; государственные, находящиеся в ведении других министерств и ведомств (ведомственные); негосударственные (частные, общинные и т. п.).

Дословный перевод польского «Lesnictwo» означает «лесоводство». Согласно организационно-целевому принципу, в лесоводстве ПНР выделяются: лесное хозяйство; заготовка побочной продукции, охотничье хозяйство, создание лесонасаждений на нелесных площадях; охрана природы; система обслуживания; объединения и равнозначные им единицы (Главное управление государственными лесами, производственное объединение «Лес» и т. д.).

При Министерстве лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности образовано Главное управление государственными лесами, которому подчинены 10 окружных управлений, выступающих в качестве лесных предприятий, имеющих юридическую самостоятельность, находящихся на полном хозрасчете. Деятельность этих предприятий включает: лесовыращивание — производство посадочного материала и семян, лесовозобновление, уход за древостоями и их реконструкцию, лесную мелиорацию, создание лесозащитных полос, охрану леса и т. д.; лесопользование — заготовку древесины по всем видам пользования и других древесных продуктов (живицы, коры и новогодних елок), вывоз и первичную переработку древесины, товарный оборот лесной продукции.

Основной производственной единицей окружного управления государственными лесами служит надлесничество, которое, в свою очередь, делится на лесничества. Кроме того, в каждом окружном управлении имеются следующие специализированные единицы: отделы складского хозяйства; транспортные центры; ремонтно-строительные центры.

Перечень организационных единиц государственных лесов системы Министерства лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности ПНР по состоянию на 31.XII.76 г. приводится в табл. 1.

Таблица 1

Окружные управления	Надлесничества	Транспортные центры	Отделы складского хозяйства	Ремонтно-строительные центры	Итого
Белостокское	32	2	4	2	40
Вроцлавское	36	2	3	3	44
Катовицкое	37	2	3	2	44
Краковское	44	3	4	4	55
Лодзское	33	2	4	2	41
Люблинское	30	1	2	1	34
Ольштинское	37	2	5	1	45
Познаньское	45	4	7	3	59
Торуньское	46	2	4	2	54
Щецинское	41	3	3	2	49
Итого	381	23	39	22	465

Приводимая организационная структура лесного хозяйства ПНР сложилась уже довольно давно (в 50-х годах). С течением времени она претерпевала главным образом количественные изменения. Так, до 1975 г. существовало 17 окружных управлений (по плану воеводств). Впоследствии их число было сокращено до 10. В настоящее время вновь намечено увеличить число управлений до 13.

Надлесничества и специализированные подразделения работают на условиях хозрасчета, однако не имеют юридической самостоятельности. Лесная площадь окружного управления колеблется от 440977 (Люблинское) до 997413 га (Познаньское). Объем продукции, приходящийся в среднем на одно предприятие, составляет 3072,1 млн. злотых\*, среднее число рабочих — 8730.

Поскольку в процессе производственной деятельности окружные управления осуществляют полный цикл использования и воспроизводства лесных ресурсов, т. е. лесовозобновление, лесовыращивание, заготовку, первичную переработку и вывоз древесины, лесная промышленность как самостоятельная отрасль в ПНР организационно не выделяется. Предприятия лесного хозяйства республики строго специализированы на выращивании и заготовке леса и не имеют в своем составе деревообрабатывающих производств, подобных, например, хозрасчетным цехам ширпотреба в лесхозах Белоруссии. Тонкомерная древесина утилизируется путем переработки на технологическую щепу.

Заготовку и переработку недревесных лесных продуктов побочного пользования (включая дичь) осуществляют предприятия производственного объединения «Лес» (21 предприятие). В состав этих предприятий входят: пункты скупки; цехи по производству пищевых продуктов; цехи по производству изделий из древесного сырья (главным образом декоративного характера); плантационные хозяйства (тополевые, ивовые и т. п.). Доля продукции объединения в общей стоимости продукции отрасли составляет примерно 20%. Объем продукции, приходящийся в среднем на одно предприятие, 250—270 млн. злотых, среднее число работающих — около 1 тыс. человек.

Охрана природы как составная часть лесоводства представлена национальными парками и заповедниками, которые содержатся на средства государства.

Непосредственно под системой обслуживания лесного хозяйства ПНР (лесоводства) понимаются услуги лесоустроительных предприя-

\* Согласно обменному курсу, 1 р. ≈ 20 злотых.

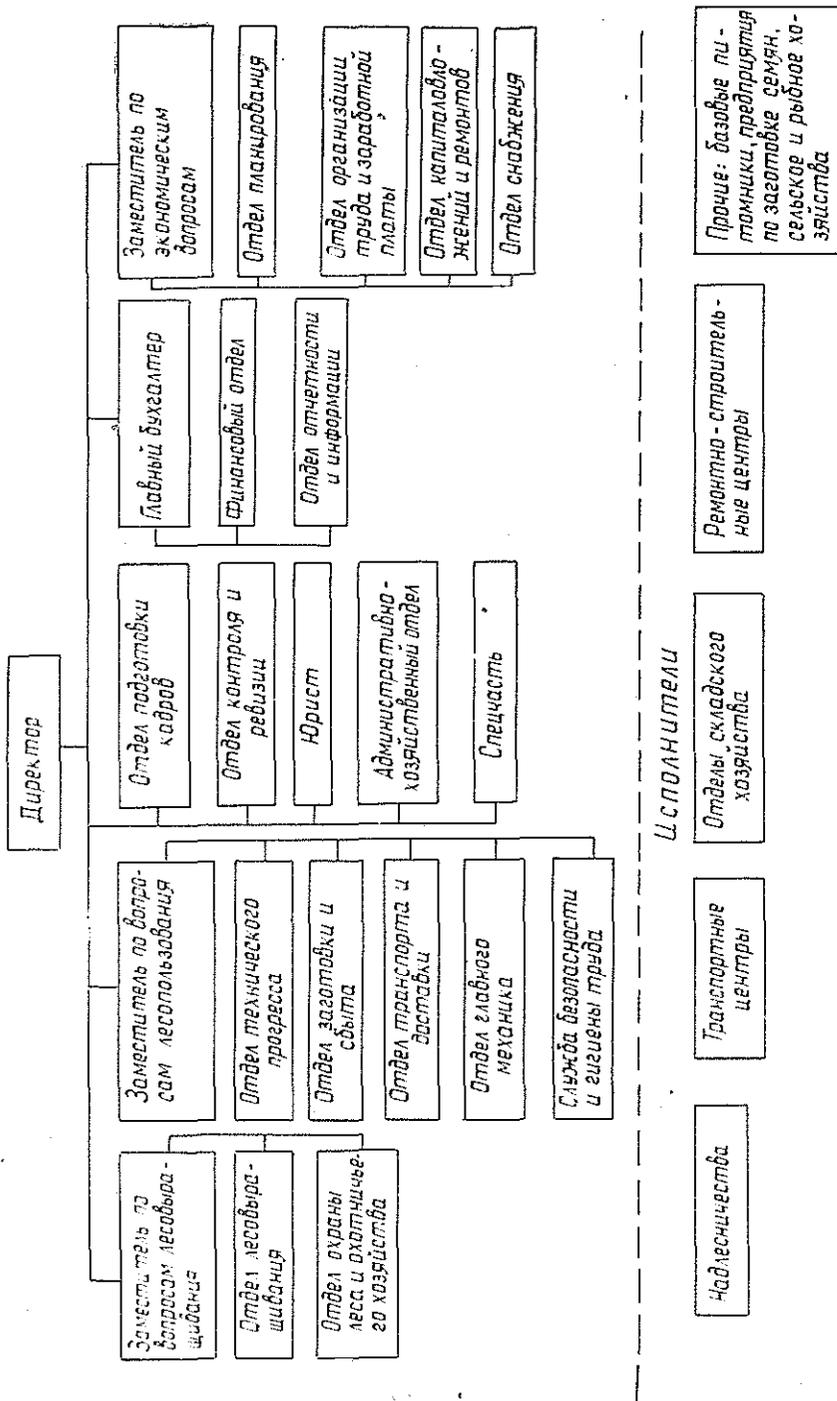


Рис. 1. Организационная структура окружного управления.

тий и информационного центра. Помимо этого, имеется ряд отдельных специализированных обслуживающих предприятий: по техническому обеспечению, по ремонту автотракторного парка, проектно-конструктор-

ское бюро, центр механизации управленческого труда, станция оценки машин и оборудования.

Все производственные предприятия, объединения и отрасли в целом находятся на полном хозрасчете. Однако в случаях недостатка собственных средств на создание необходимых накоплений по причине возрастания текущих затрат и в то же время нехватки потребного количества спелого леса, Министерство может перераспределять часть полученных прибылей между окружными управлениями.

Непосредственная структура организации окружного управления государственными лесами представлена на рис. 1. В составе управления главным исполнителем возложенных на лесное хозяйство задач является надлесничество. Оно пользуется услугами (с последующей их оплатой в счет себестоимости продукции): транспортных центров (трелевка, вывоз древесины на склады или непосредственно потребителю); складского хозяйства (оприходование древесины, скупка ее от хозяйственников, не входящих в систему Министерства, сортировка, первичная переработка, складирование и консервация, отгрузка и продажа покупателю); ремонтно-строительных центров (проведение строительных и строительно-монтажных работ, ремонтов, в том числе строительство и ремонт лесных автомобильных и железных дорог, производство некоторых строительных материалов и конструкций).

Система хозрасчета, на условиях которой работают окружные управления и их подразделения, создает условия для должной материальной заинтересованности работников. На предприятиях лесного хозяйства ПНР образуются следующие основные фонды экономического стимулирования: премиальный, на социальные нужды, фонд жилищного строительства и фонд предприятия.

Лесное хозяйство республики высокоинтенсивно. Так, в 1976 г. объем продукции в системе государственных лесов Министерства лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности составил: в расчете на 1 га лесопокрытой площади — 4725,4 злотых, в расчете на 1 рабочего — 351,9 тыс. злотых, вывезено из леса 18358,1 тыс. м<sup>3</sup> древесины.

Опыт организации производства и управления в лесном хозяйстве ПНР заслуживает внимания наших хозяйственников и экономистов и будет полезен при совершенствовании организации лесного хозяйства, особенно западных лесодефицитных регионов страны.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 634.0.824 : 061.3

ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ  
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ДРЕВЕСИНЫ

На первом международном симпозиуме «Фундаментальные исследования древесины в области ее комплексного использования», состоявшемся в ЧССР в 1976 г., было принято решение систематически, через каждые два года, проводить встречи ученых для обмена опытом и новейшими научными достижениями. Очередной, второй, симпозиум проходил в г. Смоленце ЧССР с 18 по 22 сентября 1978 г. В нем приняли участие 70 научных работников — представителей академических институтов, высших учебных заведений и отраслевых научно-исследовательских институтов ВНР, ГДР, НРБ, ПНР, СССР и ЧССР.

На пленарных заседаниях и в трех секциях: «биология и биохимия древесины», «химия древесины» и «физика древесины» — было заслушано 50 докладов.

На первом заседании с обзорным докладом, посвященным исследованиям в области химии древесины в ЧССР, выступил Л. Куннак (Химический институт Словацкой академии наук, Братислава). В его докладе нашли отражение исследования структуры и способов модификации целлюлозы, характера лигноуглеводных связей, способов изменения хромофорной системы лигнина с целью создания неструктурных методов отбелики волокнистых полуфабрикатов, влияния лигнина на межклеточные связи в древесине. Б. Н. Уголев (Московский лесотехнический институт) сообщил о результатах исследования напряжений от стеснения деформаций при нагревании влажной древесины, привел экспериментально-теоретические обоснования выбора дифференциальной усадки в качестве контролируемого параметра напряженного состояния пиломатериалов при сушке. Обобщению результатов исследования процессов образования ранней и поздней древесины годичного слоя и изложению новых представлений о роли гормонов в формировании древесины был посвящен доклад Т. Водзницкого (Институт биологии растений сельскохозяйственной академии, Варшава, ПНР).

На втором пленарном заседании был заслушан доклад Ф. Фишера (Дрезденский технический университет, ГДР), в котором он сообщил о результатах исследования состава и количественного содержания фитостероидов в древесине хвойных пород, использовании таллового масла для получения фитостероидов — ценного сырья для производства лекарственных препаратов. В докладе А. Г. Лобанка (Институт микробиологии АН БССР, Минск), посвященном модификации целлюлозосодержащих материалов с целью улучшения их ферментативного гидролиза, была показана целесообразность предварительного нагрева и размалывания на вибромельнице целлюлозы из древесины хвойных пород. В докладе Л. Регинача (Лесотехнический институт, Зволен, ЧССР) были указаны основные проблемы в области физики древесины, по которым в ЧССР проводили исследования, и сообщены достигнутые результаты. Изучали физические модели древесины и древесных материалов, реологические, акустические, влажностные, тепловые, прочностные свойства, контактные явления при механической обработке древесины и др. К. Моджеевский (Институт бумаги и бумагоделательных машин, Лодзь, ПНР) сообщил о работах, позволивших путем применения катализаторов при щелочной варке древесины снизить количество газовых выбросов в атмосферу и повысить выход целлюлозы. А. А. Пижурин (Московский лесотехнический институт) выступил с докладом, посвященным методам оптимального планирования экспериментов при фундаментальных исследованиях древесины. Были показаны преимущества применения теории многофакторного эксперимента по сравнению с традиционными методами постановки экспериментов и обработки их результатов.

На третьем заседании с докладом выступил В. С. Громов (Институт химии древесины АН Латвийской ССР, Рига), сообщивший о результатах исследования топологических особенностей делигнификации древесины; исследования были проведены с помощью УФ-спектрофотометрии, электронной и световой микроскопии, методов механического и химического «отслаивания» и др. Были отмечены закономерности распределения остаточного лигнина и гемиллюлоз в стенках целлюлозных волокон, полученных разными способами варки. Р. Вагенфюр (Научно-исследовательский институт технологии древесины, Дрезден, ГДР) доложил о проведенных работах по исследованию микростроения, физико-механических и химических свойств субфосильной (ископаемой) древесины дуба, а также о возможностях ее практического

использования в виде строганого шпона, пиломатериалов, паркета и др. В докладе Я. Рачковского (Институт древесных материалов и плит сельскохозяйственной академии, Познань, ПНР) содержались результаты исследования прочности и жесткости древесины, подвергавшейся сушке под нагрузкой вдоль или поперек волокон. Было отмечено существенное снижение равновесной влажности древесины, высушенной при растяжении вдоль волокон.

Далее с докладом выступил В. П. Карливан (Институт химии древесины АН Латвийской ССР, Рига), сообщившей о результатах работ по созданию новых материалов на основе продуктов глубокого разложения древесины. Одна из возможностей утилизации отходов древесины состоит в ее окислении до щавелевой кислоты и получении с использованием этой кислоты олигоэфиров. На основе подобных олигоэфиров могут быть получены волокна, пленки и пенопласты с управляемой гидролитической устойчивостью.

Ж. Ташпулатов (Институт микробиологии АН Узбекской ССР, Ташкент) доложил о результатах исследования гидролитического действия препарата целлюлозы на полисахариды стеблей хлопчатника.

Кроме того, было представлено два доклада Института леса и древесины СО АН СССР (Красноярск) — Б. С. Чудинов «Локализация капиллярно-конденсационной влаги в клеточной стенке древесины и предел ее гигроскопичности» и Л. Н. Исеева «Исследования влажности и плотности древесины основных лесообразующих пород Сибири», а также два доклада Института биохимии им. А. Н. Баха по ферментативному гидролизу древесины.

Б. Н. Уголев

Московский лесотехнический институт

УДК 634.0.284:061.3

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСОЧКИ И ОСМОЛОПОДСОЧКИ СОСНОВЫХ И ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

20—22 сентября 1978 г. в Архангельском институте леса и лесохимии Гослесхоза СССР проводилось координационное совещание по проблемам повышения эффективности подсочки и осмолподсочки сосновых насаждений, а также насаждений лиственницы и ели.

С вступительным словом к участникам совещания обратился директор института канд. с.-х наук Герой Советского Союза А. С. Смирнов. С обобщающим докладом «О состоянии научных исследований по вопросам подсочки леса и внедрении законченных разработок в производство» выступил зав. лабораторией прижизненного использования леса В. И. Суханов. Эта лаборатория изучает смолопродуктивность сосны на Европейском Севере, производит лесоводственное и экономическое обоснование подсочки, ищет пути повышения эффективности подсочки и осмолподсочки низкорослых сосновых насаждений. В связи с истощением сырьевых баз канифольно-экстракционных заводов по иному осмолу большие работы проводятся по искусственному просмолению древесины заболони сосны с помощью гербицидов, ростовых веществ, кислот и азотных удобрений. По результатам опытных работ 1978 г. (третий сезон просмоления) будет установлен оптимальный технологический процесс и наиболее эффективный стимулятор просмоления.

О предварительных результатах работ 1978 г., проводимых в КирНИИЛПе и на опытных станциях по подсочке леса, сообщил Я. Г. Дрочнев. Значительное повышение производительности труда на подсочке дает одновременное нанесение трех подновок и применение ампул с химикатами. Внедрение дрожжевых экстрактов на подсочке повышает выход живицы на 23—46% по отношению к обычной подсочке. В выступлении отмечалась необходимость пересмотра правил подсочки, широкого обмена мнениями по проводимым НИР, говорилось о значении и рабочем месте мастера на подсочке.

Директор Пермской ЛОС Н. З. Ворончихин рассказал о влиянии уровня грунтовых вод на состав терпентинных масел в сосновых насаждениях.

О применении минеральных удобрений в целях увеличения выхода сосновой живицы в условиях Среднего Урала доложил доцент Уральского ЛТИ В. А. Щавровский.

М. П. Коваленко (УкраИИЛХ) говорил о том, что применение минеральных удобрений повышает жизнедеятельность насаждений, приостанавливает снижение прироста древесины при интенсивной подсочке.

Об интенсификации стимуляторами смоловыделения из живых элементов дерева при подсочке сосны доложила А. В. Колосенкова (ЛТА).

Ю. Г. Тагильцев (ДальНИИЛХ) рассказал о производственной подсочке лиственницы в Хабаровском крае по технологии ДальНИИЛХа и СибНИИЛПа. Роль лиственницы для лесной и лесохимической промышленности значительно возрастает в связи со строительством БАМа. Живицу лиственницы добывают с применением химического воздействия бардой и другими физиологически активными веществами, не оказывающими отрицательного влияния на жизнедеятельность подсоченных деревьев и состояние насаждений. Кроме этого, здесь подсачивается ель аянская с выходом живицы около 40 кг с 1 га. Срок подсочки 3 года.

А. И. Орлов (Архангельсклеспром) отметил большие возможности дальнейшего развития подсочки в Архангельской области.

Б. П. Устинович (Минлесхоз РСФСР) указал, что по РСФСР подсачивается 2 млн. га сосновых насаждений с колебаниями выхода живицы по регионам от 400 до 1200 г на карру.

Проф. Ф. А. Медников (ЛТА) говорил о повышении смолистости прикорневой и стволовой древесины сосны в целях получения свежего осмола, удовлетворяющего требованиям ГОСТа 10677—62 на пневый сосновый смол. Искусственное просмоление проводится с помощью гербицидов, из которых наиболее эффективен карботион (натриевая соль метилдитиокарбамниновой кислоты).

Ю. И. Кузьмин (Архангельский институт леса и лесохимии) доложил о влиянии физико-химических воздействий, проводимых в целях искусственного просмоления древесины, на физиологическое состояние сосны.

Э. Я. Цакаре (Институт химии древесины АН Латвийской ССР) рассказал о результатах опытных работ на подсочке с применением серной кислоты, сульфитно-дрожжевой бражки и экстрактов различных видов и разной концентрации водных растворов кормовых дрожжей. Исследования проводятся в Латвии и Владимирской области.

В своем решении координационное совещание отметило, что совершенствование технологии подсочки леса с химическим воздействием, применение биологических стимуляторов смолообразования и смоловыделения способствуют росту добычи живицы, повышению эффективности прижизненного использования насаждений и технико-экономических показателей подсочки.

Наряду с этим, отмечено, что планы научно-исследовательских работ и результаты их выполнения недостаточно координируются между организациями Гослесхоза СССР и Минлеспрома СССР. Не проводятся исследования по биосинтезу терпенов, смоляных кислот и другим теоретическим вопросам подсочки леса. Для ускорения внедрения законченных разработок в производство необходима организация опытно-производственных пунктов в разных районах страны, а также более широкий обмен мнениями о проводимых работах и связь с производством.

**Ф. А. Медников**

Ленинградская лесотехническая академия

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 634.0.23(049.3)

**ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ  
НА МЕСТЕ ПРОИЗВОДНЫХ ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВОСТОЕВ\***

Проблема лесовосстановления в наше время стала весьма актуальной в связи с острой необходимостью замены лиственных древостоев ценными хвойными, особенно в подзоне южной тайги. Усиленная лесоэксплуатация в сочетании с особенностями возобновления хвойных под пологом создали повсеместно в этом регионе условия для разрастания лиственных пород на месте бывших еловых древостоев.

Одновременно с изменением фитоценогической структуры насаждений за последние десятилетия в корне изменились и экономические условия лесопользования. Подзона южной тайги стала в известной мере регионом с интенсивным ведением лесного хозяйства. Все это обусловило своеобразное положение во взаимоотношениях науки и практики. Дело в том, что эколого-биологические исследования в основном были выполнены по коренным сообществам таежной зоны, а лесокультурная практика, напротив, базируется до сих пор на создании культур в условиях площадей, полностью освобожденных от леса. Вполне очевидно, что эти теоретические и практические разработки мало применимы для совершенно своеобразной обстановки, которая возникает под пологом лиственных пород.

Из сказанного становится очевидной своевременность эколого-биологических исследований условий восстановления хвойных как под пологом лиственных, так и на вырубках, с учетом реальных возможностей современного лесного хозяйства. К сожалению, таких работ, рассматривающих вопросы теории и практики, пока еще недостаточно. Предлагаемое вниманию читателя исследование как раз и сочетает в себе эти важные и необходимые качества.

Автор четко ограничивает свои задачи и в литературном обзоре почти не приводит результатов работ более широкого плана по возобновлению ели. Это несколько обедняет теоретические позиции исследования, так как более полное освещение истории вопроса о возобновлении ели позволило бы в дальнейшем сформулировать выводы и закономерности, имеющие обобщающее значение для более обширных ботанико-географических регионов.

Работа А. Ф. Чмыра объемом 14 печ. л. состоит из восьми глав. В первой главе содержится развернутая характеристика объектов и методов исследования. Подробно описаны использованные общелесоводственные и лесокультурные, общебиологические, физиологические и экологические методы. В ряде случаев автор не удовлетворяется имеющимися в методической литературе разработками, а предлагает собственные оригинальные модификации, например, способ измерения фотосинтетически активной радиации.

Во второй главе анализируется структура лиственных фитоценозов и ее связь с естественным возобновлением ели. Исследованы различные типы березовых, осинных и ольховых лесов, возникших как на вырубках, так и на бывших сельскохозяйственных землях. Подчеркивается принципиальное отличие хода возобновительного процесса хвойных в зависимости от происхождения полога лиственных: на бывших сельскохозяйственных угодьях восстановление хвойных оказывается еще более затрудненным, чем на бывших вырубках. Рекомендуются пути использования лиственных древостоев, причем далеко не всегда, как считает автор, обязательна смена лиственных пород хвойными.

В главе 3 характеризуются экологические факторы в лиственных фитоценозах, необходимые для возобновления ели под пологом. В тесной связи с показателями роста ели подробно рассматриваются условия освещенности, температура и влажность приземного слоя воздуха и почвы. Такое сопоставление, с учетом литературных данных, дает автору возможность доказать, что в разных типах леса на первое место выступают различные ограничивающие факторы среды и что с этим необходимо считаться при разработке способов ухода за подростом предварительного возобновления или при планировании лесокультурных мероприятий.

\* Чмыр А. Ф. Биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги. Л., Изд-во ЛГУ, 1977.

В главе 4 приводится обширный фактический материал по качественному составу ели в культурах, в реконструированных листовенных молодняках и на вырубках. Автор предлагает интересную классификацию культур ели по степени угнетения, хотя в ней можно усмотреть спорные утверждения и положения.

В главе 5 на основании и с учетом ранее рассмотренных условий существования подростка ели под пологом листовенных и на вырубках анализируются ведущие экологические факторы, определяющие рост культур. Особенно подробно рассмотрены климатические и микроклиматические факторы (первые, по нашему мнению, правильнее было бы назвать метеорологическими). Автору удается подметить наличие определенной связи между приростом ели в высоту и гидротермическим показателем, отражающим соотношение температуры и осадков.

В главах 6 и 7 исследователь ставит перед собой задачу вскрыть внутренние анатомо-физиологические причины различного роста и продуктивности ели в разных условиях. Приводятся данные о фотосинтезе и строении хвои, камбиальной активности и строении древесины ствола, объеме, поверхности и степени микоризности корней ели.

Наиболее интересна и практически важна глава 8, в которой обосновываются и планируются лесохозяйственные мероприятия, связанные с искусственным выращиванием ели в условиях различных экотопов. Эти выводы экологичны по содержанию и одновременно включают в себя элемент экономического расчета. Например, автор считает нецелесообразным «культивирование ели на свежих вырубках южной тайги с хозяйственно-экономической и биоэкологической точек зрения». Он предлагает начинать лесокультурные работы на вырубках 10—15-летней давности и приводит соответствующую технологическую схему, предусматривающую комплексную механизацию.

В целом вывод о предпочтительности лесокультурных работ на вырубках 10—15-летней давности еще не может считаться окончательно доказанным. Автору следовало бы уделить больше внимания вопросам типологии вырубок и вообще динамической типологии леса. Это позволило бы дифференцировать рекомендуемые мероприятия и в пространстве, и во времени.

Таким образом, рецензируемая монография построена по весьма интересному, с точки зрения экологии, совершенно оправданному логическому плану: от изучения экологии естественного подростка ели к анализу состояния ее в традиционно создаваемых культурах и, наконец, к планированию лесокультурных мероприятий с учетом биологии ели и современной лесохозяйственной практики. В связи с этим данное исследование представляется оригинальным и привлекает к себе внимание, благодаря удачному и не часто встречающемуся сочетанию теоретических и практических проблем.

Работа в целом не лишена некоторых недостатков, в ней, в частности, не учтен богатый опыт наших скандинавских коллег по затрагиваемым проблемам. В списке литературы приведено несколько иностранных источников, однако большинство их устарело или мало связано с проблематикой исследования.

В ряде случаев не использованы теоретические достижения экологии растений по причинному анализу ростовых процессов, не применяется весьма желательная здесь машинная обработка полученных материалов. Но все эти замечания не умаляют достоинств данного оригинального исследования.

И. С. Мелехов, Г. Б. Гортинский

Московский лесотехнический институт  
Архангельский лесотехнический институт

УДК 634.0.6(049.3)

## ЭКОНОМИКА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР \*

Вышло в свет третье издание учебника И. В. Воронина, П. В. Васильева и Е. Я. Судаchkова «Экономика лесного хозяйства СССР», в котором нашли отражение достижения советской лесохозяйственной науки и практики за годы, прошедшие со времени второго издания (1965 г.).

Отличительные особенности нового издания — большее соответствие содержания действующей программе курса, очищенное от излишнего академизма, обобщение опыта хозяйственной реформы в лесном хозяйстве, обновлении показателей лесного фонда, более целенаправленное освещение методики расчета экономической эффективности в

\* Воронин И. В., Васильев П. В., Судаchkов Е. Я. Экономика лесного хозяйства СССР. Изд. 3-е, дополн. и перераб. М., «Лесная промышленность», 1978. 234 с.

лесном хозяйстве, разграничение вопросов управления лесным фондом и лесным хозяйством.

Дано четкое определение лесного хозяйства как самостоятельной отрасли народного хозяйства, его отличительных особенностей и связи с другими отраслями. Значительно дополнены и хорошо изложены методы исследования и задачи лесной экономики в развитии лесного хозяйства и экономическом образовании лесных кадров.

Авторы дают определение продукции лесохозяйственного производства, подразделяя ее на древесную, недревесную и оказание услуг.

Анализируя взгляды многих экономистов, авторы подводят читателя к логическому выводу о том, что лесные насаждения нельзя отнести ни к основным, ни к оборотным фондам, что они представляют собою самостоятельную категорию лесных фондов.

Интересно рассматривается тема производительности труда, вскрываются трудности определения производительности труда в лесном хозяйстве, анализируется состав и структура кадров, основы организации зарплаты. На современном уровне изложены вопросы управления в лесном хозяйстве, особо важные в настоящее время. Более целенаправленно, с учетом происшедших изменений, освещены вопросы планирования: методы планирования, отраслевой план лесного хозяйства, основы новой системы планирования и возможности ее применения в лесном хозяйстве.

Краткость изложения вопросов себестоимости и цен компенсируется таблицами, формулами, вносящими ясность в методы определения себестоимости, ее структуру и пр. Большое внимание уделено лесным таксам.

Без ажиотажа, присущего некоторым авторам, освещается тема «Хозрасчет в лесном хозяйстве». Важное место отводится финансированию лесного хозяйства и государственному лесному доходу с объективной трактовкой его экономической основы, роли научно-технического прогресса в лесном хозяйстве, широким возможностям для успешного внедрения достижений науки в практику.

В заключительной главе, на основе типовой методики, излагаются методы экономической эффективности лесохозяйственных мероприятий.

Следует указать и на отдельные недостатки. Так, при характеристике основных фондов неясно определено понятие их активной части. Рассматривая направления научно-технического прогресса, следовало бы обратить внимание на применение ЭВМ в лесном хозяйстве. Без такого указания трудно понять, как можно использовать экономико-математические методы (с. 14—15), системный подход в вопросах управления (с. 136—137), на какой основе организуются АСУ разных уровней (с. 144).

В слишком общем, описательном виде изложен вопрос об интенсификации лесных производств. Желательно было бы подчеркнуть, что интенсификация, как правило, сопровождается увеличением затрат, а также оценить существующие взгляды на определение уровня интенсивности, показав примеры его определения.

В целом новое издание учебника «Экономика лесного хозяйства СССР» — несомненный успех авторов, проделавших огромную работу не только по обобщению уже известных теоретических положений и практического опыта, но и по разработке новых вопросов экономики лесного хозяйства.

В. П. Головащенко

Украинская сельскохозяйственная академия

УДК 634.0.652(049.1)

## НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ ПО КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ ЛЕСОВ

Появление книги И. В. Туркевича «Кадастровая оценка лесов» очень актуально и своевременно. Введение лесного кадастра предусмотрено «Основами лесного законодательства Союза ССР и союзных республик». Разработке общеземельного и лесного кадастров отводится ведущая роль в системе мероприятий, обеспечивающих рациональное использование и охрану природных ресурсов нашей страны.

Кадастровая оценка лесов призвана на единой методической основе выразить ценность лесных ресурсов как составного элемента богатства страны. В то же время экономическая оценка лесов имеет специфические особенности, которые необходимо учитывать. Положение значительно осложняется отсутствием установившихся взглядов на основные вопросы лесной экономики (продукция лесовыращивания, формирование стоимости и ценообразование, период производства и т. п.). Поэтому появление кни-

\* Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов. М., «Лесная промышленность», 1977.

ги, претендующей на обобщение проблемы экономической оценки лесов на основе единого методологического подхода, принятого для всех видов природных ресурсов, представляет большой научный и практический интерес.

Широко используя литературные источники, автор развивает свой подход к решению вопросов кадастровой оценки лесов, принимая в качестве критерия оценки дифференциальный доход, определяемый через замыкающие затраты. Теоретические обобщения и выкладки иллюстрируются экспериментальными расчетами по отдельным выборочным объектам. В работе рассмотрены возможные сферы практического применения данных кадастровой оценки лесов; сделана попытка оценить многоцелевые функции леса, включая получение древесины, прочих продуктов и полезностей лесов. Наряду с этим, приходится отметить некоторую противоречивость и непоследовательность в трактовке ряда исходных теоретических положений и результатов оценки, отступления от принятого методологического подхода по ряду частных вопросов и, наконец, отсутствие четкой позиции автора по многим вопросам.

Прежде всего, трудно согласиться с автором, что понятие о лесе как экономическом явлении с позиций теории трудовой стоимости впервые сделано только в 1968 г. (с. 8). Как экономическое явление девственный и хозяйственно освоенный лес подробно рассмотрен К. Марксом еще 100 лет назад в «Капитале».

Автор совершенно прав, что при экономической оценке решающим моментом является выбор критерия, который должен быть научно обоснован. Однако нельзя признать обоснованным выдвинутое автором требование единства критерия по оценке всех природных ресурсов. На с. 11—49 сам автор признает, что не все виды природных ресурсов поддаются денежной оценке и что к природным ресурсам относятся только леса неосвоенные (с. 9).

Нет ясности в толковании автором и понятия «Ценность». Как экономическая категория — это показатель стоимости. Автор же широко использует этот термин в толковании, применяемом в философской и социологической литературе с позиций понятий добра и зла. В этом смысле все потребительные стоимости, конечно, ценность, но их оценивать, ни складывать их нельзя, если не применять показателя стоимости.

Неясна точка зрения автора и на роль древесного запаса в процессе производства леса. К. Маркс считал, что определенное количество леса на корню находится в процессе производства одновременно в качестве средств труда и материала труда. Автор на с. 8 вводит свое толкование, считая, что роль леса зависит от народнохозяйственного его значения и средством труда он является для сельскохозяйственного производства при выполнении защитных функций, в лесах же эксплуатационных древесный запас только предмет труда. Здесь роль леса или древесного запаса в процессе производства леса подменяется ролью леса в других отраслях, в частности в сельском хозяйстве и лесной промышленности.

Смешивая прямо противоположные подходы к определению продукции лесовыващения, автор запутывает и вопросы экономической оценки лесов. В соответствии с теорией оптимального планирования, за критерий оценки он принимает дифференциальную ренту: «Разница между замыкающими затратами и индивидуальными приведенными затратами на получение единицы продукции при эксплуатации оцениваемого ресурса и есть дифференциальная рента» (с. 17). Однако в качестве объекта начисления ренты он принимает одновременно и 1 м<sup>3</sup> заготавливаемой древесины (с. 24—25), и 1 м<sup>3</sup> прироста древесины (с. 27—30), и весь запас древесины на участке (будь то эталонное насаждение в возрасте рубки при оценке лесных земель или фактический запас на оцениваемом участке при оценке запасов древесины). Таким образом, автор использует показатель дифференциальной ренты не в качестве прямого показателя эффекта от использования лесных или лесоземельных ресурсов, а в качестве относительного измерителя ценности этих ресурсов, независимо от получаемого эффекта от их использования. Но в последнем случае этот показатель утрачивает значение единого мерла ценности всех природных ресурсов, и вместо него с таким же успехом мог бы быть принят любой другой показатель.

Оценку лесных земель автор предлагает производить через запас эталонных насаждений в возрасте рубки, но с учетом фактора времени, а оценку ресурсов древесины — через фактический запас древесины без учета фактора времени. В результате ценность фактического запаса, как правило, оказывается значительно выше ценности лесных земель, установленной через продуктивность эталонных насаждений (экономическая оценка 1 га лесных земель — 2849 и 2874 р., а фактического запаса соответственно 8075 и 4230 р. — с. 75). На с. 64 автор совершенно правильно отмечает: «...земля обладает определенной потенциальной ценностью. При этом наиболее правильно включать в оценку земли эффект от всех полезностей, которые можно ... получить при ее использовании». Казалось бы, так следовало поступить при рассмотрении вопросов экономической оценки лесных земель. Тем не менее автор счел возможным лесные земли оценивать исключительно по древесине, что явно искажает ценность их и как природного ресурса, и как средств производства в процессе лесо-

выращивания. Вызывает сомнение и предлагаемый автором способ исчисления замыкающих затрат на лесовыращивание.

Автор указывает: «...при ограниченности лучших по продуктивности и местоположению лесов, как правило осваиваемых в первую очередь, в эксплуатацию вовлекаются все худшие леса» (с. 20). Отсюда напрашивается вывод, что и замыкающие затраты на лесовыращивание следует определять также применительно к худшим условиям производства, а не пользоваться средними данными, как это делает автор.

Касаясь вопросов экономической оценки запасов древесины с использованием частных оценочных показателей для различных внутрихозяйственных целей, автор признает наиболее уместным метод редуцирования отпускных цен заготовленных лесоматериалов на величину общественно необходимых затрат по заготовке древесины. Поскольку для молодых древостоев получаются отрицательные оценки, он предлагает запасы древесины в них оценивать по планово-расчетным ценам, построенным на основе издержек выращивания этих насаждений (с. 86—88). Такой подход практически основывается на классических принципах капиталистической лесоэкономики, утверждающих рентный характер лесного хозяйства и отрицающих стоимостную природу результатов лесовыращивания. Все известные в практике капиталистических стран методы и способы оценки запасов древесины направлены именно на исчисление размера только лесной ренты путем редуцирования сложившихся цен заготовленных лесоматериалов на величину издержек лесозаготовок. Поскольку же в молодняках ренты не получается, вводятся различные дополнительные расчеты, учитывающие затраты лесовыращивания (метод Глазера и др.), но лишь до момента получения ренты.

Лесное хозяйство в условиях социализма «является отраслью материального производства, занимающейся воспроизводством, охраной и использованием лесов» (с. 8). Следовательно, необходимость стоимостного учета затрат и результатов этого производства очевидна. Поэтому метод оценки запасов древесины по скорректированным отпускным ценам заготовленных лесоматериалов совершенно не приемлем для социалистического лесного хозяйства.

Рассматривая вопросы экономической оценки защитных лесных насаждений, автор отмечает: «...защитные лесные насаждения... являются объектами долгосрочного действия. По производственному назначению они относятся к основным производственным фондам и учитываются на балансе предприятий по сумме фактических затрат на их выращивание» (с. 99). Однако автор считает, что такая оценка недостаточна, «...поскольку ценность защитных насаждений определяется не затратами на их создание, а приносимым ими эффектом» (с. 99). Получается, что продукты труда, товары и, в частности, основные производственные фонды имеют кроме стоимости еще и отличительную от нее по величине ценность. К сожалению, автор даже не попытался разъяснить различие между понятиями ценности и стоимости.

В действительности же, если бы автор оценку лесных земель строил на основе комплексной продуктивности лесов, а не только через древесину, то ему не пришлось бы делать подобные выводы, так как оценка насаждений выражала бы стоимость их создания, а общий эффект от использования этих насаждений определялся бы через оценку лесных земель по комплексной продуктивности защитных лесов.

Собственной четкой позиции автора книги по ряду проблем нельзя уловить: экономическая природа леса (с. 6—10), учет затрат на лесовыращивание (с. 26—27), экономическая оценка лесных земель (с. 60—63) и санитарно-гигиенических и рекреационных функций леса (с. 109—116), вопросы хозрасчета в лесном хозяйстве (с. 152—154) и др.

При экономической оценке санитарно-гигиенических и рекреационных функций леса автор отходит от принятой им единой методикой оценки лесов по дифференциальной ренте. Так, рекреационные функции леса он оценивает через рост производительности труда, по затратам труда на поддержание этих функций, по потребительской стоимости (с. 110—112), подвергая каждый метод критике и не предлагая решения. Санитарно-гигиенические функции он считает возможным определять и по размеру предотвращаемого ущерба от загрязнения окружающей среды, и по методу замещающих затрат, и по «...эффекту, связанному со способностью поглощать углекислоту и выделять кислород, как лимитированные элементы атмосферного воздуха» (с. 116).

В целом книга «Кадастровая оценка лесов» вносит определенный вклад в развитие теоретических основ экономической оценки лесов, хотя и не имеет обобщающего значения. Появление ее способствует более углубленному и широкому исследованию проблем экономической оценки лесов и помогает выработать правильных, научно обоснованных решений и рекомендаций для практики кадастровой оценки лесов в будущем.

О. Н. Анцукевич, И. В. Воронин  
Воронежский лесотехнический институт

## ЮБИЛЕИ

## ЮБИЛЕИ

## ПРОФЕССОРА М. М. КОРУНОВА

8 ноября 1978 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и 58 лет научно-педагогической, общественной и производственной деятельности профессора Уральского лесотехнического института Михаила Михайловича Корунова.

Сын крестьянина, воспитанник интерната, он после окончания спецкурсов работал инструктором по сельскому хозяйству, а позднее десятником и техником по лесному делу. В 1929 г. окончил лесопромышленный факультет Уральского политехнического института и был рекомендован к преподавательской и научной деятельности.

После службы в должности младшего научного сотрудника в Уральском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института древесины, в 1930 г. М. М. Корунов переводится в Уральский лесотехнический институт на курс механизации лесозаготовок и транспорта леса. Здесь под его руководством были выполнены работы по изысканиям и проектированию тракторных и узкоколейных лесовозных железных дорог. С основанием в институте кафедры сухопутного транспорта леса Михаил Михайлович возглавил ее и работал заведующим кафедрой до 1972 г., одновременно в течение 13 лет был проректором по научной работе.

В 1937 г. Учеными советами Архангельского лесотехнического института и Ленинградской лесотехнической академии М. М. Корунову без защиты диссертации была присуждена ученая степень кандидата технических наук.

Постоянной связью с производством он приобрел заслуженный авторитет у широкой инженерно-технической общественности, в 1933 г. его избирают в состав правления Свердловского областного НТО работников лесной промышленности и лесного хозяйства и руководителем секции механизации лесозаготовок транспорта леса, которым он был в течение 30 лет.

В начале Великой Отечественной войны, отказавшись от брони, М. М. Корунов вступил в ряды Вооруженных Сил. Служба в должности помощника начальника дорожного отдела армии обогатила его боевым опытом строительства автомобильных дорог и мостов.

За трудовые и боевые заслуги он награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и семью медалями. За активное участие в решении задач в лесной промышленности и общественную работу ему присвоены звания «Почетный работник лесной промышленности» и «Почетный член НТО». С 1943 г. М. М. Корунов член КПСС. В 1960 г. утвержден в ученое звание профессора.

Тематика 140 его печатных работ разнообразна: от популярных брошюр для лесных рабочих до учебников, учебных пособий для студентов вузов и журнальных статей. Особенно выделяются работы по зимним дорогам и ледяным переправам, по которым в годы первых пятилеток вывозилось более 90% заготавливаемой древесины. Материалы, полученные М. М. Коруновым в результате исследований фрикционных свойств снега и льда, вошли в учебники и монографии многих известных ученых.

Одна из работ на эту тему была переведена на английский язык и опубликована в издании Канадского государственного исследовательского института (Оттава, 1960). Ряд работ юбиляр посвятил транспортному освоению лесов, рациональному выбору типов дорог.

К историческому циклу работ относятся статьи: «Д. И. Менделеев о лесном хозяйстве и эксплуатации лесов на Урале», «Академик В. Н. Образцов о сухопутном транспорте леса», «Электрификация транспорта леса на Урале» и др. Прогрессивная роль лесоводов в развитии дорожного дела и стабилизации грунтов им отмечена в статье «Русские лесничие и вопросы дорожного дела в лесном хозяйстве».

Основой деятельности М. М. Корунова была и остается забота об улучшении качества подготовки инженерных и научных кадров. Более двух тысяч инженеров выпущено по кафедре сухопутного транспорта леса. При непосредственном его участии подготовлено 20 кандидатов технических наук.

Ветеран труда и Великой Отечественной войны и теперь в строю. Он профессор-консультант кафедры сухопутного транспорта леса УЛТИ. Ведет учебную, научную и общественную работу.

Товарищи и многочисленные его ученики сердечно поздравляют Михаила Михайловича со славным юбилеем, желают доброго здоровья, долгих лет жизни и новых творческих успехов.

Коллектив кафедры сухопутного транспорта леса  
Уральского лесотехнического института

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. М. Боховкин, Е. С. Романов.</i> Полнее использовать научный потенциал лесных вузов . . . . .	3
--	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>И. И. Гусев.</i> К определению прироста запаса наличного древостоя по площади боковой поверхности стволов . . . . .	5
<i>М. В. Рогозин.</i> К вопросу об отборе урожайных деревьев сосны обыкновенной	8
<i>В. Е. Ермаков, В. Д. Севастьянов.</i> Детерминированная модель чистого соснового древостоя . . . . .	11
<i>Н. А. Красильников.</i> Содержание элементов минерального питания в водах верхового болота . . . . .	14
<i>В. В. Лукиша.</i> Мелноративная роль узких водорегулирующих лесных полос	18
<i>В. К. Попов, Н. М. Попова.</i> Динамика содержания каротиноидов в хвое сосны в чистых и смешанных культурах . . . . .	22
<i>Г. В. Стадницкий.</i> Влияние живого напочвенного покрова на повреждаемость сосновых культур большим сосновым долгоносиком . . . . .	26
<i>В. М. Соловьев, Н. А. Дружинин, М. А. Данилов.</i> Рост и строение молодых сосняков на осушенных залежах Среднего Урала . . . . .	29

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Г. М. Анисимов, П. А. Пустошный.</i> Применение метода математического планирования эксперимента при исследовании производительности трелевочных тракторов . . . . .	34
<i>В. А. Чернцов, В. А. Александров.</i> К анализу расчетных схем для приведения жесткости подвески базы лесной машины . . . . .	37
<i>Л. В. Коротяев.</i> Исследование прогиба хлыстов при трелевке . . . . .	42
<i>И. И. Слепко, Н. Г. Адамовский.</i> Исследование усилий в несущем канате однопролетной установки при подтягивании груза со стороны . . . . .	49
<i>С. И. Морозов, М. В. Попов.</i> О величине силы, действующей в температурно-напряженном железнодорожном пути после его выбора . . . . .	55
<i>С. В. Гулидов.</i> Расчет сигарообразного плота по деформации при изгибе . . . . .	59
<i>Г. Я. Суров.</i> Метод расчета устройства для сортировки пучков бревен на воде	64

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Л. Г. Невзорова, Э. М. Лаутнер.</i> Исследование движения единичной частицы щепы . . . . .	70
<i>С. А. Апостолок.</i> К вопросу моделирования вибраций системы «станок — инструмент — деталь — приспособление» при фрезеровании древесины . . . . .	74
<i>А. Б. Израелит, Р. М. Мурзиц.</i> Прогнозирование механического состояния древесных материалов при пьезотермообработке . . . . .	80
<i>В. А. Шамаев, А. В. Гребеничиков, Л. С. Лозовая.</i> Модифицированная древесина — материал для паркета . . . . .	83
<i>В. А. Алексеев.</i> Плотность древесины и поражение ядровой гнилью деревьев-двойчаток осины . . . . .	87
<i>В. Б. Кунтыш, А. Э. Пишр, В. Г. Зайцев.</i> Тепловые и аэродинамические характеристики коридорных оребренных пучков для воздухонагревателей лесосушильных камер . . . . .	90

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Э. И. Евстигнеев, Л. В. Бронов, В. М. Никитин.</i> Полярографическое изучение лигнина в растворителях различной природы. Полярографирование в смешанном и апротонном растворителях . . . . .	95
<i>В. Г. Кривчак, И. М. Боховкин, К. Г. Боголицын, В. В. Пальчевский, Т. И. Львова.</i> Потенциометрический метод определения восстановительной емкости сульфатных щелоков . . . . .	100
<i>В. И. Азаров.</i> Исследование гидролитической устойчивости карбамидных полимеров, применяемых в деревообработке . . . . .	107

- Ю. П. Клюев, Е. С. Нестерова. Исследование влияния растворителя на состав продуктов, получаемых при действии на  $\alpha$ -пинен метатитановой кислоты . . . . . 111

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

- В. М. Холманских. Определение наработки кранового электрооборудования . . . . . 114
- В. А. Мельник. К вопросу оптимизации основных параметров электропривода бревнобрасывателей . . . . . 117
- М. Ю. Марушкей, А. А. Степанов. К вопросу оптимизации работы системы лесосечных машин . . . . . 122

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

- А. И. Смирнова. Эффективность концентрации ремонтных производств в лесном хозяйстве . . . . . 127
- В. И. Янышев. О мерах по улучшению состояния дубрав ЦЧЭР . . . . . 131
- М. Д. Каргополов, Ю. П. Кононов, Б. В. Уваров. Алгоритм расчета перспективной потребности в обновлении и капитальных ремонтах лесозаготовительного оборудования . . . . . 134
- Э. В. Воробьева. Обоснование величины и структуры фонда развития производства как источника технического перевооружения лесозаготовительных предприятий . . . . . 141

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

- А. И. Барабин, П. И. Войчалъ. Женская и мужская сексуализация в кроне ели при малом урожае . . . . . 145
- М. А. Мартюшев, Л. А. Дуняевская, С. И. Ремпель. О физико-химических свойствах водозэкстрактивных веществ древесины . . . . . 148
- Н. Г. Бабаев. Эффективность применения минеральных удобрений при выращивании полезащитных лесных полос . . . . . 150

**ЗА РУБЕЖОМ**

- Б. Н. Желиба. Современная структура управления лесным хозяйством в Польской Народной Республике . . . . . 151

**НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ**

- Б. Н. Уголев. Второй международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины . . . . . 155
- Ф. А. Медников. О повышении эффективности подсочки и осмолподсочки сосновых и лиственничных насаждений . . . . . 156

**КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ**

- И. С. Мелехов, Г. Б. Гортинский. Особенности восстановления еловых лесов в южной тайге на месте производных лиственных древостоев . . . . . 158
- В. П. Головащенко. Экономика лесного хозяйства СССР . . . . . 159
- О. Н. Анцукевич, И. В. Воронин. Несколько замечаний по кадастровой оценке лесов . . . . . 160

**ЮБИЛЕИ**

- Коллектив кафедры сухопутного транспорта леса Уральского лесотехнического института. Юбилей профессора М. М. Корунова . . . . . 163

- Указатель . . . . . 168

## CONTENT

<i>I. M. Bokhovkin, E. S. Romanov.</i> For better using the scientific potential of forest institutes . . . . .	3
---	---

### FORESTRY

<i>I. I. Gusev.</i> On determination of increase of available forest of reserve by area of side surface of trunks . . . . .	5
<i>M. V. Rogozin.</i> On the question of selection of high-yielding trees of pine common . . . . .	8
<i>V. E. Ermakov, V. D. Sevastyanov.</i> Determined model of pure pine stand . . . . .	11
<i>N. A. Krastnikov.</i> The content of mineral elements in the waters of high bog . . . . .	14
<i>V. V. Lukisha.</i> The ameliorative efficiency of narrow waterregulating shelter belts . . . . .	18
<i>V. K. Popov, N. M. Popova.</i> The dynamics of contents of carotenoids in pine needles of pure and mixed cultures . . . . .	22
<i>G. V. Stadnitsky.</i> Herbage influence on the pine culture damage caused by the big pine weevil . . . . .	26
<i>V. M. Solovyov, N. A. Drujnin, M. A. Danilov.</i> Growth and structure of young pine stands on drained morasses in the middle Ural . . . . .	29

### FOREST EXPLOITATION

<i>G. M. Anisimov, P. A. Pustoshny.</i> Mathematical planning of experiment in the investigation of skidding tractor capacity . . . . .	34
<i>V. A. Cherntsov, V. A. Alexandrov.</i> On analysis of calculation schemes for reduction of rigidity of frame suspension . . . . .	37
<i>L. V. Korotyaev.</i> Investigation of flexure of tree-lengths when skidding . . . . .	42
<i>I. I. Stepko, N. G. Adamovsky.</i> Investigation of efforts in the track cable of monospanned overhead cableway during the pulling of load from the side . . . . .	49
<i>S. I. Morozov, M. V. Popov.</i> On the value of force acting in temperature-strained railway track after its blow-out . . . . .	55
<i>S. V. Gulidov.</i> Calculation of cigar-shaped raft by deformation when curving . . . . .	59
<i>G. Ya. Surov.</i> Method of calculating device for sorting log bundles on water . . . . .	64

### MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

<i>L. G. Nevzorova, E. M. Lautner.</i> Investigation of movement of any single shaving particle . . . . .	70
<i>S. A. Apostoluk.</i> On the problem of modelling vibrations in the system of „machine — tool — detail — device“ when milling wood . . . . .	74
<i>A. B. Izraelit, R. M. Murzich.</i> Forecasting mechanical state of wood materials under piezothermal treatment . . . . .	80
<i>V. A. Shamaev, A. V. Grebenshchikov, L. S. Lozovya.</i> Modified wood is the material for parquet . . . . .	83
<i>V. A. Alekseev.</i> The compactness of wood and the infection of double-asp trees by the heartwood decay . . . . .	87
<i>V. B. Kuntysh, A. E. Peer, V. G. Zaitsev.</i> Thermal and aerodynamic characteristics of corridor ribbed bundles for drying wood kiln air heaters . . . . .	90

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>E. I. Eustigneev, L. V. Bronov, V. M. Nikitin.</i> Polarographic lignin study in solutions of different kinds. Polarography in mixed and aprotic solvents . . . . .	95
<i>V. G. Krunchak, I. M. Bokhovkin, K. G. Bogolitsyn, V. V. Palchevsky, T. I. Lvova.</i> Potentiometric method of determining recovering volume capacity of sulphate liquors . . . . .	100
<i>V. I. Azarov.</i> Investigation of hydrolytic stability of carboamide polymers . . . . .	107
<i>Yu. P. Klyuev, E. S. Nesterova.</i> Investigation of the influence of the solvent on the contents of the products received after $\alpha$ -pinen has been affected by titanlic acid . . . . .	111

*COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION  
OF PRODUCTION PROCESSES*

- V. M. Kholmanskiikh.* The estimation of the operating life of cranes' electrical equipment . . . . . 114
- V. A. Melnik.* On the question of optimization of principal parameters of electric drive of balancethrowers . . . . . 117
- M. Yu. Marushkey, A. A. Stepanov.* On optimization of the system of forest mechanisms operation . . . . . 122

*ECONOMICS AND ORGANIZATION OF PRODUCTION*

- A. I. Smirnova.* Efficiency of repairing productions concentration in forestry . . 127
- V. I. Yanyshev.* On measures for improving the condition of oakeries in the CBER . . . . . 131
- M. D. Kargopolov, Yu. P. Kononov, B. V. Uvarov.* Calculating algorithm of perspective need in renovation and capital repairs of logging equipment . 134
- E. V. Vorobieva.* The basing of size and structure of production development fund as a source of technical reequipment of logging enterprises . . . . 141

*SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE*

- A. I. Barabin, P. I. Volchal.* Male and female sexualization in the crown of spruce in the time of small harvest . . . . . 145
- M. A. Martyushov, L. A. Dunaevskaya, S. I. Rempel.* On physico-chemical properties of waterextractives of wood . . . . . 148
- N. G. Babaev.* Effectiveness of mineral certlizers for cultivating field protecting forest belts . . . . . 150

*ABROAD*

- B. N. Zheliba.* Contemporary structure of forestry management in Polish People's Republic . . . . . 154

*SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS*

- B. N. Ugolev.* Second international simposium on proper investigations of wood 158
- F. A. Mednikov.* On increasing effectiveness of tapping and pitching-tapping in pine and foliage plantations . . . . . 159

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

- I. S. Melekhov, G. B. Gortinsky.* Peculiarities of reproduction of pine forests in south taiga on the place of derivative foliage stands . . . . . 161
- V. P. Golovashchenko.* Economics of the forestry in the USSR . . . . . 162
- O. N. Antsukevich, I. V. Vorontn.* Some notes on the cadastre valuation of forests . . . . . 163

*JUBILEE*

- Workers of the chair of land transportation of timber of the Urals Forest Engineering Institute.* Prof. M. M. Korunov's jubilee . . . . . 166

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В «ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ»

в 1978 г.

ПЕРЕДОВЫЕ

- Боховкин И. М., Романов Е. С. Работать лучше, чем вчера. № 1—3.  
Боховкин И. М., Романов Е. С. На переднем крае лесной науки. № 2—3.  
Боховкин И. М., Романов Е. С. События большого идейного и мобилизующего звучания. № 3—3.  
Боховкин И. М., Романов Е. С. Полнее использовать научный потенциал лесных вузов. № 6—3.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Анучин Н. П. В защиту постоянно действующих лесных предприятий. № 2—5.  
Астрологова Л. Е. О биологической продуктивности сосняка черничного в средней подзоне тайги. № 2—16.  
Баранов А. И., Землянухин А. И., Малофеева М. А. Анализ влияния радиуса подачи на скорость схода семян с распределительного диска в машине для механической обработки семян. № 1—35.  
Бирюков В. И., Млокосевич Б. В. Культуры хвойных экзотов в Абхазии. № 1—26.  
Бодров В. А. Полезащитное значение лесомелиоративных насаждений в УССР. № 4—11.  
Бродович Т. М. Акклиматизация и адаптация дугласии тиссолистной в лесных насаждениях запада УССР. № 4—33.  
Васильев М. Е. Лесные полосы как средство повышения качества урожая. № 5—26.  
Власов Б. Е. Прохождение элементарных частиц через листья деревьев. № 4—40.  
Голутвин Г. И. Пассивный период в цикле развития боярышницы. № 4—36.  
Гусев И. И. К определению прироста запаса наличного древостоя по площади боковой поверхности стволов. № 6—5.  
Давидов М. В. Закономерности роста древостоев лиственных пород семенного и порослевого происхождения. № 1—5.  
Давидов М. В. Особенности роста и бонитирование насаждений быстрорастущих древесных пород. № 5—3.  
Ермаков В. Е., Севастьянов В. Д. Детерминированная модель чистого соснового древостоя. № 6—11.  
Звирбуль А. П. Исследование режима влажности в почве приспевающего ельника после внесения минеральных удобрений. № 1—18.  
Кальной П. Г., Маурер В. М. Причины массового усыхания дуба в зеленой зоне г. Киева. № 5—23.  
Колесниченко М. В., Крюков В. В. О биохимическом влиянии на дуб северный некоторых местных пород и экзотов. № 2—27.  
Коновалов Н. А., Мочалов С. А. Смолопродуктивность различных морфологических форм ели сибирской на Среднем Урале. № 4—25.  
Корнев В. П., Орловский Г. М., Остроумов Е. М. Об индикаторной роли напочвенного покрова. № 5—16.  
Косарев Н. Г. О формировании древостоев при проведении длительно-степенных рубок в пихтарниках Кемеровской области. № 3—10.  
Красильников Н. А. Содержание элементов минерального питания в водах верхового болота. № 6—14.  
Лукиша В. В. Мелиоративная роль узких водорегулирующих лесных полос. № 6—18.  
Лукьянец В. Б. Содержание аминокислот в желудях различных видов и климатипов дуба. № 4—29.  
Малаховец П. М., Бабич Н. А. О влиянии удобрений на некоторые физиологические процессы и рост культур на осушенном болоте. № 3—16.  
Мелехов И. С. Выдающийся деятель лесной науки (к 100-летию со дня рождения М. Е. Ткаченко). № 4—3.  
Нартов П. С., Карамышев В. Р. К расчету динамических нагрузок в элементах лесных машин, защищенных предохранительными муфтами. № 1—30.  
Николаенко В. Т. Итоги и задачи лесовосстановления в СССР. № 5—8.  
Пахучий В. В. Динамика радиального прироста сосновых древостоев осушенного болота. № 1—15.  
Пахучий В. В. Особенности водного режима в хвойных древостоях на осушенном торфянике. № 5—13.  
Попов В. К., Попова Н. М. Динамика содержания каротиноидов в хвое

- сосны в чистых и смешанных культурах. № 6—22.
- Пошарников Ф. В.** К определению высоты осыпи почвы в бороздке после прохода анкерного сошника сеялки. № 2—31.
- Редько Г. И., Бабич Н. А.** 175 лет лесокультурному опыту Лисинского учебно-опытного лесхоза. № 5—31.
- Рогозин М. В.** К вопросу об отборе урожайных деревьев сосны обыкновенной. № 6—8.
- Рубцов В. И.** О влиянии лесотипологического происхождения семян на рост сеянцев сосны. № 5—21.
- Савченко А. Г.** Поврежденность стволов, скорость и время зарастания огневых травм у деревьев сосны крымской после сильных низовых пожаров. № 3—19.
- Сляднев А. П.** Опыт повышения эффективности осветительных постепенных рубок в лиственно-еловых насаждениях. № 1—10.
- Совков А. Ф., Слюсарев М. Г.** Некоторые результаты исследования физико-механических свойств корневых систем дуба черешчатого и ясеня обыкновенного. № 1—22.
- Соколов Н. Н.** Рост и продуктивность сосновых древостоев по старым пашням. № 4—22.
- Соловьев В. М., Дружинин Н. А., Данилов М. А.** Рост и строение молодых сосняков на осушенных залежах Среднего Урала. № 6—29.
- Стадницкий Г. В.** Влияние живого почвенного покрова на повреждаемость сосновых культур большим сосновым долгоносиком. № 6—26.
- Тихонов А. С.** К вопросу о возобновительной спелости ели. № 3—13.
- Тягера А. П.** Площадь роста дерева и ее определение аналитическим способом. № 2—12.
- Федоров Н. И., Манцевич Е. Д., Якимов Н. И.** Пораженность хвой шютте обыкновенным в географических культурах сосны. № 2—10.
- Федоров Н. И., Полещук Ю. М.** О возможностях ранней диагностики поражения ельников корневой губкой. № 3—5.
- Феклистов П. А.** О точности учета радиального годичного прироста древостоя в разных типах леса. № 2—23.
- Харитонов Г. А.** Влияние косвенно действующих удобрений на рост саженцев лесных пород в Западной лесостепи. № 2—20.
- Харитонов Г. А.** Влияние удобрений на соотношение надземной и подземной части древесных саженцев. № 4—19.
- Цыплаков В. В.** Обоснование фрезерного почвоподготавливающего органа для комбинированных лесопосадочных машин. № 3—23.
- Чернышева Н. К., Князева В. В.** Влияние некоторых грибных заболеваний на биохимический состав хвой сосны и ели. № 3—7.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Александров В. А.** Динамика манипулятора при наборе вoза из пачек. № 3—34.
- Алябьев В. М.** Методика расчета электрических нагрузок лесопромышленных предприятий. № 1—69.
- Анисимов Г. М., Пустошный П. А.** Применение метода математического планирования эксперимента при исследовании производительности трелевочных тракторов. № 6—34.
- Белая Н. М., Прохоренко А. Г.** Исследование остаточной прочности несущих канатов подвесных лесотранспортных установок. № 3—29.
- Гулидов С. В.** Расчет сигарообразного плота по деформации при изгибе. № 6—59.
- Дмитриев Ю. Я., Кислицына Г. Ф.** Исследование импульсных струй жидкости применительно к окорке лесоматериалов. № 2—44.
- Дуров А. В.** Аналитический метод расчета эксплуатационного расхода топлива лесовозными автопоездами на установившихся режимах. № 2—39.
- Исаева В. Н.** Перемещение лесоматериалов плоскими возбужденными потоками. № 3—53.
- Кирсанов А. Д.** Некоторые результаты исследования по выбору наиболее эффективного типа транспорта при освоении лесных массивов. № 5—44.
- Коваленко Н. П., Морозов В. С.** Исследование деформационных свойств мерзлого торфа. № 3—43.
- Коротяев Л. В.** Исследование жесткости хлыстов. № 1—48.
- Коротяев Л. В.** Исследование прогиба хлыстов при трелевке. № 6—42.
- Кустов Ф. Н.** Методика расчета устойчивости бесстыкового узкоколейного пути в кривых при пространственном изгибе рельсо-шпальной решетки. № 4—44.
- Мартынихин В. Д., Цвирко М. А.** Контактные напряжения на блоках с рифленой и гладкой поверхностью жeлоба. № 1—64.
- Марушкой М. Ю., Драгунович В. И.** Влияние надежности на производительность лесотранспортных машин. № 5—54.
- Марченко П. Ф.** Размещение массы автобoза при исследовании движения на повороте. № 5—58.
- Мельник В. А.** О новом способе разрабoтки лесосек с применением бесстыковых тракторов на трелевке. № 1—45.
- Морозов С. И.** Об аппроксимации силы сопротивления поперечному перемещению рельсо-шпальной решетки. № 4—49.

- Морозов С. И., Попов М. В. О величине силы, действующей в температурно-напряженном железнодорожном пути после его выброса. № 6—55.
- Наргов П. С., Ханкин Е. И. Пути снижения динамических нагрузок в механизмах лесных погрузчиков. № 4—64.
- Овчинников М. М., Крапунин Г. А. Об оценке сопротивления гладких стенок гидравлических лотков. № 5—61.
- Орлов С. Ф., Артамонов Ю. Г., Рубцов В. М. Об оптимальном взаимодействии лесозаготовительной машины с деревом в процессе его валки. № 1—40.
- Орлов С. Ф., Артамонов Ю. Г., Рубцов В. М. Исследование ударных нагрузок, действующих на лесозаготовительную машину при валке и пакетировании деревьев. № 5—49.
- Перельмутер Ю. Н. К вопросу обоснования способа надвигания при определении мощности привода электропил. № 3—38.
- Сергутин В. Е. Приближенный способ измерения расхода воды в речном потоке. № 2—61.
- Слепко И. И. Исследование напряжений изгиба в несущем канате при движении по нему легкого груза. № 2—56.
- Слепко И. И., Адамовский Н. Г. Исследование усилий в несущем канате однопролетной установки при подтягивании груза со стороны. № 6—49.
- Соловьев В. В. К вопросу исследования напряженного состояния ортогонально анизотропных дорожных конструкций, имеющих слабые прослойки. № 4—59.
- Стахеев Ю. И., Орловский С. Н. Выбор условий и объема работ для испытаний лесохозяйственных тракторов. № 3—56.
- Суров Г. Я. Результаты натурных исследований удара плывущего пучка бревен о сооружение. № 3—48.
- Суров Г. Я. Метод расчета устройства для сортировки пучков бревен на воде. № 6—64.
- Уваров Б. В., Щелкунов В. В. О расчете слоистого основания под симметрично нагруженными балками и плитами. № 5—38.
- Харитонов В. Я. Исследование параметров сортировочного устройства для бревен. № 2—66.
- Харитонов В. Я. Гипотеза изоморфности и ее использование при исследовании неустановившегося движения. № 5—65.
- Херай В. К. Выбор рациональных параметров подвески приемного устройства валочно-пакетирующей машины при ударном нагружении. № 2—35.
- Храмцов Г. Ф. Результаты исследования изгибных колебаний хлыстов. № 1—55.
- Цвирко М. А., Мартынихин В. Д. Напряжения вторичного изгиба при взаимодействии прядевого каната с рифленой и гладкой поверхностью желоба блока. № 2—49.
- Червинский В. А. Условия получения максимального выхода цилиндрических круглых лесоматериалов при раскряжке хлыстов с учетом кривизны. № 1—59.
- Черцов В. А., Александров В. А. К анализу расчетных схем для приведения жесткости подвески базы лесной машины. № 6—37.
- Шестаков Я. И., Орлов С. Ф., Ведерников О. М. Тяговый класс и энергонасыщенность лесных колесных подборочно-транспортных машин. № 4—55.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Алексеев В. А. Плотность древесины и поражение ядровой гнилью деревьев-двойчаток осины. № 6—87.
- Апостолюк С. А. К вопросу моделирования вибраций системы «станок — инструмент — деталь — приспособление» при фрезеровании древесины. № 6—74.
- Бархатов В. А., Вардугин А. В., Дитрих В. И. Исследование корреляционных связей между показателями физико-механических свойств древесины ветвей хвойных пород Сибири. № 1—92.
- Борисова Н. Н., Дейч Ф. С. Оценка собственных частот вращающегося диска. № 5—80.
- Борцова Л. В. Теоретическое определение напряжений и опасных точек в образце из клееной прессованной древесины. № 2—83.
- Васильев В. И., Ельков Л. В., Чинарев В. Я. О действии температуры на напряженно-деформированное состояние ДСП. № 3—77.
- Ефремова Т. К., Митусов В. А., Васкин С. А. Влияние огнезащитных добавок на взрывчатые свойства древесного волокна и пыли. № 1—102.
- Желдакова В. В., Глумова В. А., Медведева Г. В., Петри В. Н. О некоторых физических и химических изменениях прессматериала при различных режимах изготовления древесных пластиков. № 1—96.
- Зельдин Ю. М., Лазарева А. Д. Влияние влажности оснований и клеевых прослоек на показатели древесных пластиков в покрытиях полов. № 4—76.
- Иванов Ю. М. О длительной прочности древесины по результатам испытаний образцов крупного размера. № 1—77.
- Израелит А. Б., Малыгин Н. В., Мовнин М. С. Исследование некоторых

- характеристик процесса непрерывного прессования применительно к расчету ленточно-валковых прессов. № 5—76.
- Израелит А. Б., Мурзич Р. М. Прогнозирование механического состояния древесных материалов при пьезотермообработке. № 6—80.
- Клейнер М. А., Назаренко И. Г. Исследование засаливания шлифовальной шкурки на синтетических клеях. № 1—99.
- Королев В. И. К вопросу об акустической константе древесины. № 4—84.
- Кочегаров В. Г., Беляев К. А. Определение усилия при разделке пней на осмол методом безопилочного резания. № 3—60.
- Кулиничев А. Ф. Влияние скорости нагружения на механические свойства при испытаниях опилочных древесных пластинок. № 3—74.
- Кунтыш В. Б., Пиир А. Э., Зайцев В. Г. Тепловые и аэродинамические характеристики коридорных оребренных пучков для воздухонагревателей лесосушильных камер. № 6—90.
- Лабудин Б. В. Методика определения модулей сдвига древесины из опытов на кручение. № 1—85.
- Левченко В. П. Влияние сучков на предел прочности при сжатии вдоль волокон древесины сосны строительных размеров. № 3—84.
- Любимов В. Г. Теоретическое определение высоты неровностей при шлифовании пластмасс. № 2—87.
- Любимов В. Г. Влияние упругих свойств пластмасс на шероховатость шлифованной поверхности. № 5—94.
- Мазуркин П. М., Корнилов Г. В. Изучение поперечного пиления древесины с образованием щепы вместо опилок. № 2—72.
- Моршнев В. В. О влиянии зазоров и погрешностей формы на работоспособность подшипников скольжения. № 3—79.
- Невзорова Л. Г., Лаутнер Э. М. Исследование движения единичной частицы щепы. № 6—70.
- Подойникова З. И., Кулиничева И. А. Диаграмма равновесной влажности пластика. № 1—83.
- Портник Ж. И., Боевская И. А. Изменение с повышенной точностью влажности древесной стружки. № 2—92.
- Решетняк В. В., Лозовая Л. С. Измерение плотности древесины в процессе прессования и сушки. № 2—76.
- Санников А. А. Горизонтально-вращательные колебания станин и фундаментов лесопильных рам при групповой их установке. № 5—71.
- Севастьянов Н. К., Каратаев С. Г., Чубов А. Б. Метод снижения количества наблюдений при исследовании технологии склеивания древесины хвойных пород. № 5—85.
- Смоляков А. И. Касательные напряжения в парах трения прессованная древесина — металл и влияние на них различных смазок. № 4—70.
- Соловьев В. В., Михайлова А. Р., Семенова Л. П. Некоторые вопросы оценки прочности зубьев пильных инструментов, оснащенных твердым сплавом. № 5—90.
- Тимофеев Ю. П., Голованников А. А., Сулинов В. И. Графо-аналитическое определение кинетической погрешности фугования от некоторых геометрических неточностей фуговальных станков. № 3—67.
- Токман И. З. О выборе оптимальной толщины горизонтальных щитовых элементов мебели. № 4—80.
- Хатазейский В. И. О влиянии некоторых факторов на осевое смещение бревна. № 3—64.
- Цой Ю. И., Мовнин М. С. Смачиваемость модифицированной древесины и ее влияние на адгезию. № 4—72.
- Чаадаев А. Е., Шамаев В. А. Исследование антифрикционных свойств прессованной древесины, модифицированной мочевиной. № 1—74.
- Чаадаев А. Е., Чубов Н. И., Чубов Ю. И., Скляров А. Л. Композиционный материал на основе прессованной древесины. № 3—70.
- Шамаев В. А. Использование неделовой древесины для производства подшипников скольжения. № 2—80.
- Шамаев В. А., Гребенщиков А. В., Лозовая Л. С. Модифицированная древесина — материал для паркета. № 6—83.
- Ширяев Я. М., Николаев Е. К., Нохрина Н. А. Исследование влияния обработочных рисков на напряжения межзубовых впадин ленточных пил. № 4—68.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Азаров В. И. Исследование гидролитической устойчивости карбамидных полимеров, применяемых в деревообработке. № 6—107.
- Бельчинская Л. И., Шамаев В. А., Попова Н. И. Определение лигнина, оставшегося после модификации его мочевиной, вольтамперометрическим методом на графитовом электроде. № 4—103.
- Богомолов Б. Д., Горбунова О. Ф., Соколов О. М. Исследование остаточных лигнинов, выделенных из целлюлозных масс после щелочных варок. № 2—105.
- Боховкин И. М., Семенов Б. К., Витман М. Г. Физико-химическое исследование систем на основе фурфурола. № 5—103.

- Валендо П. Ф., Глазунов А. П., Немыров А. П., Константинова П. А., Голутвина Л. А. Разработка оптимальных составов для проклейки в массе латексами и гидрофобизирующими эмульсиями. № 2—112.
- Воробьев В. П. Корреляционный анализ уноса частиц из аппарата при их сушке в газомеханическом псевдоожиженном слое. № 3—90.
- Грачева Е. В., Левин Э. Д. Свойства шихтовых брикетов для выплавки ферросилиция, полученных на основе гидrolизного лигнина. № 3—102.
- Добрынин С. В., Пашкова А. Т., Добрынина В. В. Химическая сушка листовых пиломатериалов для производства клееных деревянных конструкций. № 4—106.
- Евстигнеев Э. И., Бронев Л. В., Никитин В. М. Полярнографическое изучение лигнина в растворителях различной природы. Полярнографирование в водной среде. № 5—114.
- Евстигнеев Э. И., Бронев Л. В., Никитин В. М. Полярнографическое изучение лигнина в растворителях различной природы. Полярнографирование в смешанном и апротонном растворителях. № 6—95.
- Екимова Т. Г., Пономарев Д. А., Зарубин М. Я. Окисление модельных соединений лигнина в водном растворе аммиака. № 2—116.
- Ерыхов Б. П., Плотников А. П. О количественной оценке неоднородности целлюлозно-бумажных материалов методом крутильных колебаний. № 1—117.
- Завьялова О. К., Соколова Т. А., Ливеровский А. А., Зарубин М. Я., Шнейдер К. С., Иоонас Р. Э., Серебряников Н. Д. Использование ПАБ-смола для синтеза бензилбензойных кислот. № 3—98.
- Иванченко А. В., Петров В. С. Активные угли из лесосечных отходов лиственницы сибирской. № 5—99.
- Киприанов А. И., Прохорчук Т. И., Крутов С. М., Рябова Т. А. Исследование состава фенолкарбоновых кислот сульфатного щелока от варки березовой древесины. № 4—88.
- Киприанов А. И., Эльберт А. А., Юдкевич Ю. Д. Закономерности водопоглощения и набухания древесностружечных плит. № 3—87.
- Кирпичева Л. М., Глухова Н. Р., Чудаков М. И., Санников Г. П. Получение сульфитной целлюлозы из «арборицидной» древесины ели. № 3—105.
- Клюев Ю. П., Ламоткин А. И. Изомеризационные превращения моноциклических терпеновых углеводородов в присутствии ортофосфорной кислоты. № 5—109.
- Клюев Ю. П., Нестерова Е. С. Исследование влияния растворителя на состав продуктов, получаемых при действии на  $\alpha$ -пинен метатитановой кислоты. № 6—111.
- Колесников В. Л., Малыгин В. С. Оптимальное управление процессом канифольной проклейки бумаги в массе с использованием коллоидно-химического регулятора. № 1—110.
- Колешня А. Д., Михайлов Н. А., Стадник Л. И., Попова Н. И. Исследование склеивания древесины клеями на основе мочевино-формальдегидных смол, модифицированных изоцианатами. № 2—109.
- Кравченко М. И., Крюков В. М., Томп В. И., Ефремова Т. В., Блесткина В. Н., Киприанов А. И. Изучение процесса промывки целлюлозного волокна. № 2—95.
- Крунчак В. Г., Боховкин И. М., Боголицын К. Г., Пальчевский В. В., Львова Т. И. Потенциометрический метод определения восстановительной емкости сульфатных щелоков. № 6—100.
- Крупенский В. И., Долгая Т. В. Комплексообразование алюминия (III), индия (III) и галлия (III) с кислотой и глюкозой. № 4—110.
- Миловидова Л. А., Пазухина Г. А. Изучение распределения серы при быстрой содово-сульфитной варке березовой древесины. № 2—120.
- Миловидова Л. А., Пазухина Г. А. Изучение основных закономерностей растворения лигнина и углеводов березовой древесины в процессе содово-сульфитной варки. № 4—96.
- Пивоварова В. А., Богомолов Б. Д. О веществах, выделенных при очистке лигноуглеводных комплексов, и о древесных остатках. № 1—113.
- Ришес Н. М., Завьялова О. К., Зарубин М. Я., Дергачева Т. С. Исследование химического состава побочного продукта II ступени синтеза ди(м-ксилил)пропионовой кислоты — заместителя канифоли. № 4—91.
- Саятницкий Е. С., Ермолов Б. В., Киприанов А. И. Влияние гидродинамической структуры потока на распад моносахаридов при моделировании перколяционного гидролиза растительных материалов. № 1—106.
- Сухая Т. В., Пиуновская Л. П., Леонович А. А. Термомеханическое исследование изменений лигнина при производстве древесноволокнистых плит. № 1—126.
- Терегеря Н. В., Медников Ф. А., Золотов В. И., Мокенчев А. Ф., Кузьмин А. С. Взаимодействие таллового масла с оксидом пропилена. № 2—100.
- Хабаров Ю. Г., Прошкин Г. Ф., Боховкин И. М. Устройство для быстрого размола небольших количеств сухих материалов. № 4—113.
- Шарков В. И., Калашев В. А. О возможности повышения реакционной способности древесной целлюлозы пу-

тем ее обработки жидким аммиаком. № 1—123.

Эльберт А. А., Коврижных Л. П., Васильев В. В. Сравнительные исследования фенолоформальдегидных связующих и древесностружечных плит на их основе. № 3—94.

Яблонская М. М., Дугишева Н. А., Богомолов Б. Д., Яблонский Г. В., Артюхов С. П. Определение температуры размягчения и стеклования сульфатного лигнина. № 4—101.

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Амалицкий В. В. Модель технологической долговечности оборудования. № 4—120.

Дудюк Д. Л. Анализ статистических параметров потоков требований. № 4—123.

Дудюк Д. Л. Проблемы оптимизации параметров автоматизированных линий лесопромышленных предприятий. № 5—118.

Козориз Г. Ф. Методика расчета универсальных пневмотранспортных систем с автоматически регулируемой производительностью. № 5—126.

Лебедь С. С., Гайдукевич Д. М. Разрешающая способность захватного приспособления. № 4—115.

Марушкой М. Ю., Степанов А. А. К вопросу оптимизации работы системы лесосечных машин. № 6—122.

Мельник В. А. К вопросу оптимизации основных параметров электропривода бревносбрасывателей. № 6—117.

Сабуров Э. Н., Загоскина Т. Г. Обобщенные уравнения конвективного теплообмена на боковой поверхности циклонных камер. № 2—131.

Сенников М. А. Применение теории массового обслуживания к определению потребности в агрегатах оборотного фонда предприятия. № 2—125.

Турлай И. В., Федоренчик А. С. Оптимизация некоторых параметров многооперационных машин. № 1—132.

Хатанзейский В. И. Динамические характеристики движения бревна в пакете в процессе его уплотнения. № 5—122.

Холманских В. М. Определение нагрузки кранового электрооборудования. № 6—114.

Чекалкин К. А. Метод расчета потребности в теплоходах на обслуживании механизированных поточных линий для формирования плотов. № 3—109.

Червинский В. А. Методы максимизации выхода цилиндрического объема сортиментов при раскряжке древесных хлыстов. № 3—113.

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Воробьева Э. В. Обоснование величины и структуры фонда развития производства как источника технического перевооружения лесозаготовительных предприятий. № 6—141.

Воронин И. В., Янышев В. И. Характеристика состояния использования ресурсов древесины твердолиственных пород в условиях ЦЧЭР. № 3—127.

Гаврилов А. Ф., Булыгина Л. С. Экономическая оценка способов рубок в горных условиях. № 5—140.

Дудюк Д. Л. Определение оптимального межоперационного запаса сырья. № 3—131.

Духон Ю. И., Марков В. А. Прогноз и выбор оптимальной стратегии развития отрасли на перспективу в ОАСУ-леспром. № 5—132.

Иванюта В. М. К проблеме плантационного лесопользования. № 3—124.

Каргополов М. Д., Кононов Ю. П., Уваров Б. В. Алгоритмы расчета перспективной потребности в обновлении и капитальных ремонтах лесозаготовительного оборудования. № 6—134.

Кислова Т. А. О характере проявления экономического эффекта лесохозяйственных мероприятий. № 4—132.

Кислова Т. А. Лес как объект хозяйственного воздействия. № 5—137.

Корнева Т. Г., Коваленко В. Я. Об эффективности транспортировки пиломатериалов на экспорт через лесные порты. № 2—140.

Левша А. И., Лось В. Ю., Холопов В. Н. Экономическая оценка применения лесовозных автопоездов с комбинированным оборудованием. № 4—139.

Марушкой М. Ю., Охотников А. А. Удельная стоимость энергии трелевочных машин. № 1—142.

Мошонкин Н. П. Теоретические аспекты лесного хозяйства и организация его предприятий. № 3—118.

Новиков А. В., Леванов В. Е. Влияние пунктов реализации на себестоимость круглых лесоматериалов. № 3—129.

Петров А. П. Система показателей для оценки эффективности использования и воспроизводства лесных ресурсов. (На примере комплексных лесных предприятий). № 4—127.

Рогачев В. И. Оценка экономической эффективности применения древлост-массовых композиций в узлах трения. № 4—136.

Романов Е. С. Об определении размера выбытия производственных мощностей на лесозаготовках. № 1—137.

Смирнова А. И. Эффективность концентрации ремонтных производств в лесном хозяйстве. № 6—127.

- Тупыця Ю. Ю., Снякевич И. М. Специфика планирования себестоимости технологической щепы из отходов лесозаготовок и маломерной древесины. № 2—138.
- Фефелов В. П., Деминцев Ю. И. К вопросу об эффективности использования передвижных сучкорезных машин. № 1—140.
- Янышев В. И. О мерах по улучшению состояния дубрав ЦЧЭР. № 6—131.

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Астрологова Л. Е. К вопросу об урожайности черники в сосняке черничном средней подзоны тайги. № 4—148.
- Бабаев Н. Г. Эффективность применения минеральных удобрений при выращивании полезационных лесных пород. № 6—150.
- Бабиков Б. В. Влияние осушения лесных болот на сток и водное питание рек. № 1—146.
- Барабин А. И. Размещение и оценка урожая семян ели в 1973 г. на Европейском северо-востоке. № 5—146.
- Барабин А. И., Войчал П. И. Женская и мужская сексуализация в кроне ели при малом урожае. № 6—145.
- Билов Е. С., Феллер М. Н. Об оптимальном раскрое сухих досок на чистовые брусковые мебельные заготовки. № 3—159.
- Бирюков В. И. Физико-механические свойства древесины хвойных экзотов Брянского учебно-опытного лесничества. № 2—144.
- Бобылева Ю. Н., Давыдов С. Л., Зарецкий-Феоктистов Г. Г. К вопросу об определении упругих параметров древесины ультразвуковым методом. № 3—156.
- Борисова Н. Н. Влияние прорезей на акустические характеристики круглых пил. № 2—157.
- Брагин А. П. Расчет числа потоков сортированных бревен, допускаемых при сортировке в отопленном бассейне лесопильного завода. № 1—160.
- Букин В. Д., Гусаковский Е. Б., Померанцев В. В., Трофимов Е. А. Сжигание коры и древесных отходов в скоростных толках с обращенным дутьем под котлами малой мощности. № 2—167.
- Вайсбурд А. А., Малышевская К. А., Финкельштейн А. В. Влияние состава бинарного раствора воды — этанол на метилирование Na-ксантогената целлюлозы диметилсульфатом. № 2—160.
- Волкорезов В. И. Корневые системы сосны обыкновенной в елово-сосновых лесах юго-западной части Горьковской области. № 5—144.
- Вольнский В. Н. Влияние взаимного направления волокон на прочность клеевых соединений древесины. 4—161.
- Вонский С. М., Тетюшева Л. В. Особенности подстильно-гумусовых лесных пожаров в чистых ельниках черничных. № 3—144.
- Гельфанд Е. Д., Иванова Р. Г., Боровская Г. З. Препарат из гидролизного лигнина для лесного и сельского хозяйства. № 1—167.
- Голяков А. Д. К вопросу о месте силовой сортировки в технологическом процессе производства пиломатериалов. № 5—162.
- Гортинский Г. Б., Тарасов А. И. О связи азотного питания с продуктивностью северотаежных ельников. № 2—146.
- Дейч Ф. С., Карпуничев Н. В., Чурлин А. С. Об уменьшении шума вибрирующей цилиндрической поверхности путем ее перфорации. № 1—163.
- Демьяновский К. И. О кинематике станка для термической обработки зубьев пил. № 5—158.
- Добрынин Е. Д., Кононова Н. Е. Влияние профиля зуба на надежность и долговечность делительных ленточных пил. № 2—166.
- Егоров А. И., Кунтыш В. Б., Пнир А. Э. Об энергетическом использовании гидролизного лигнина. № 3—162.
- Еремин В. М., Сивак С. В. О влиянии географического положения на анатомическую структуру коры лиственницы даурской. № 4—143.
- Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. О некоторых проявлениях тиксотропии у бумаги. № 5—160.
- Жаденов В. С., Солодов С. П., Солодов П. П. Определение среднего диаметра пропила при раскряжке хлыстов. № 1—152.
- Жигалов А. М. Расчет упругого элемента с нелинейной характеристикой для подвески автолесовоза. № 2—155.
- Жирин В. М., Кронов П. А., Кукуев Ю. А. Исследование отражательной способности хвойных пород, поврежденных промышленными газами. № 2—149.
- Зайцев Б. Д. О пестроте содержания обменных катионов в верхних генетических горизонтах лесных подзолистых почв. № 3—137.
- Ильин Б. А. О принципах размещения в лесу лесохозяйственных дорог. № 2—152.
- Ионайтис С. И. Размеры бруса максимального объема, выпиленного из кривого бревна. № 1—158.
- Клейнер М. А., Назаренко И. Г. Износ абразивных зерен при шлифовании древесины. № 4—158.
- Коноплев С. П. Анализ получения обзола при обрезке досок с односторонней кривизной. № 3—150.

Костриков П. В., Богатырев Р. А. Определенные усилия, развиваемого пуансоном при эластичном способе прессования гнуктоклеенных элементов. № 4—153.

Круенский В. И., Корольков И. И., Долгая Т. В. Определение состава и устойчивости комплекса меди (II) с ксилозой и глюкозой. № 1—165.

Крылов Г. А., Колядов В. В., Соколов Н. В. Об эффективности зачистки сучьев в роторных окорочно-зачистных станках. № 4—151.

Лейбович Е. М., Сырники Ю. П., Ферман И. А., Чупка Э. И. Изменение оптической активности растворов глюкозы во времени при различных рН. № 2—163.

Лукина В. А., Уваров Б. В. К расчету глубины промерзания грунтов земляного полотна. № 1—155.

Мартюшев М. А., Дунаевская Л. А., Ремпель С. И. О физико-химических свойствах водозэкстрактивных веществ древесины. № 6—148.

Орлов Б. Ф., Поздеев А. С., Дербина В. М. Теоретический анализ условий выброса грунта торцово-коническими фрезами. № 1—148.

Остроумов И. П., Богданов Е. А. Концентрация напряжений в рамных пилах. № 3—152.

Памфилов Е. А., Петренко Н. М. К вопросу о механизме изнашивания дереворежущего инструмента. № 3—148.

Сердечный В. Н., Хаймусов А. К. Исследование очистки моторного масла в двигателе СМД-14. № 5—154.

Славянский А. К. К вопросу о питании углекислотой леса в сомкнутом пологом. № 3—135.

Тодуа Б. Т. Палиноморфология некоторых видов сосен. № 3—145.

Толкачев Л. Н. О составлении таблиц объемов маломерных стволов. № 4—145.

Цурик Е. И. Особенности роста и динамика товарности условно разновозрастных карпатских ельников. № 3—138.

Чудаков М. И., Кирпичева Л. М., Иванова М. Б., Черноусов Ю. И., Федотов Ю. М., Уханов Р. Ф. Кислородно-содовая активация шлам-лигнина Байкальского ЦК. № 4—163.

Якимов И. В., Васильев П. М. Физико-механические свойства древесины осины Краснодарского края. № 5—149.

## ЗА РУБЕЖОМ

Желиба Б. Н. Современная структура управления лесным хозяйством в Польской Народной Республике. № 6—151.

Лобовиков М. А. Дополнительные ресурсы древесного сырья. № 5—165.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Мелехов И. С., Родин А. Р., Мерзленко М. Д. К 145-летию «Лесного журнала». № 2—171.

Мерзленко М. Д., М. К. Турский и Никольская лесная дача. № 5—168.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Боховкин И. М., Гортинский Г. Б., Стадницкий Г. В. III Всесоюзная конференция по дендроклиматологии. № 4—166.

Медников Ф. А. О повышении эффективности подсадки и осмолподсадки сосновых и лиственничных насаждений. № 6—156.

Уголев Б. Н. Второй международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины. № 6—158.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Анцукевич О. Н., Воронин И. В. Несколько замечаний по кадастровой оценке лесов. № 6—160.

Бенько Ю. М. Ценное пособие по специализации лесопиления. № 3—168.

Богомоллов Б. Д. Монография по вопросам огнезащитности древесных материалов. № 4—171.

Головащенко В. П. Экономика лесного хозяйства СССР. № 6—159.

Мелехов И. С., Гортинский Г. Б. Особенности восстановления еловых лесов в южной тайге на месте производных лиственных древостоев. № 6—158.

Жилкин Б. Д., Азиев Ю. Н. Хороший учебник. № 3—170.

Ильев Л. И. Нужное учебное пособие. № 3—168.

Корунов М. М. Полезная книга. № 4—169.

Логгинов Б. И., Онискив Н. И., Устиновская Л. Т. Дубравы Украины, их использование, возобновление и экономика производства. № 5—170.

Стадницкий Г. В. По поводу одного обзора. № 4—170.

Стадницкий Г. В., Гортинский Г. Б. Существенно обновленное издание. № 1—169.

## ЮБИЛЕИ

Боховкин И. М., Львов П. Н., Вальков Ю. И., Гусев И. И. Юбилей академика Николая Павловича Анучина. № 2—173.

Верхунов П. М., Дворецкий М. Л., Михайлов М. М., Алексеев П. В., Зорин А. В., Надина Т. Н., Соколов П. А., Грачев В. М., Попова А. В., Мама-

ев И. В. Один из первопроходцев и основателей теории советского лесостроительства. № 3—171.

Группа товарищей. Юбилей проф. Миханла Давидовича Бавельского. № 1—172.

Коллектив кафедры сухопутного транспорта леса Уральского лесотехнического института. Юбилей профессора М. М. Корунова, № 6—163.

Непенин Ю. Н., Фляте Д. М., Сапожников С. А., Юрьев В. И., Демченко П. А., Богомолов Б. Д., Прокшин Г. Ф. Юбилей профессора И. С. Хуторщикова. № 5—172.

Парфенов В. И., Новикова А. А., Кравченко Л. В., Рахтеев Л. И. Николай Дмитриевич Нестерович (к 75-летию со дня рождения). № 4—172.

Поздравляем юбиляра. № 1—173.

Холькин Ю. И., Выродов В. А., Никитин В. М., Непенин Ю. Н., Ермолов Б. В., Юдкевич Ю. Д., Боховкин И. М., Богомолов Б. Д. Профессору А. И. Киприанову — 50 лет № 1—171.

## НЕКРОЛОГ

Группа товарищей. Иван Степанович Аверкиев. № 3—173.

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Огиевский В. В. В редакцию «Лесного журнала». № 1—173.