МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

5

1975

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**, доц. **П. И. Войчаль**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйлло**, проф. **В. Н Худоногов**, проф. **В. В. Щелкунов.**

Ответственный секретарь редакции **А. И. Кольцова.**

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5
(Год издания восемнадцатый)

Сдан в набор 28/VIII 1975 г. Подписан к печати 5/XI 1975 г.
Форм. бум. 70×108 1/16. Печ. л. 15,4+3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,89.
Тираж 2430. Сл. 00085. Заказ 6482. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина издательства Архангельского обкома КПСС,
Архангельск, Набережная Ленина, 86

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

Навстречу XXV съезду КПСС

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

XXV съезд Коммунистической партии Советского Союза подведет итоги выполнения девятого пятилетнего плана развития народного хозяйства и наметит задачи развития страны на десятую пятилетку, а также на дальнейшую перспективу. Все отрасли народного хозяйства, в том числе и лесные, будут продолжать совершенствование техники и технологических процессов, используя крупные достижения науки, опираясь на великие возможности современной научно-технической революции в условиях социалистического способа производства.

Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев на торжественном заседании, посвященном 250-летнему юбилею Академии наук СССР, сказал: «Идя навстречу своему XXV съезду, партия ждет от ученых все более глубокого и смелого исследования новых процессов и явлений, активного вклада в дело научно-технического прогресса...»; «...Мы подошли сейчас к такому рубежу, когда во весь рост встал вопрос о генеральных направлениях дальнейшего технико-экономического развития...».

На этом пути велики возможности и лесного хозяйства в сочетании с лесной промышленностью и сельским хозяйством.

Представляя себе будущее развития лесного хозяйства, приходится, прежде всего, учитывать два факта: прогрессирующее истощение лесных ресурсов планеты, с одной стороны, и возрастающие потребности в продуктах леса и в его защитных свойствах — с другой. Эта коллизия все грознее встает перед человечеством, даже в странах, относительно богатых лесом.

Лесоводы издавна выдвигали задачу «преодоления времени в лесоводстве» по выражению Героя Социалистического Труда, академика В. Н. Сукачева. Разные пути ведут к этому, но пока ни один из них не решает задачу в целом. Интенсификация лесного хозяйства, увеличения его продуктивности, еще не достигнуты в должной степени.

Осушка избыточно увлажненных лесных территорий, внесение удобрений, орошение засушливых почв, борьба со стихийными явлениями, уничтожающими леса (пожары, насекомые, болезни), рациональное использование лесного сырья, своевременное лесовосстановление, рациональная система выращивания леса и другие известные и применяемые мероприятия дают многое. Их надо использовать все больше и больше как верный путь к интенсификации лесного хозяйства.

Но, как показал опыт сельского хозяйства, всего этого еще мало. Естественные виды используемой человеком флоры обладают низким коэффициентом использования энергии солнечного луча, а значит, и невысокими темпами накопления органической массы. В сельском хозяйстве, в первую очередь в полеводстве, уже поставлена задача выведения новых сортов злаковых и иных культур, которые усваивали бы вдвое больше энергии солнца, чем выращиваемые сейчас сорта. Нет сомнения, что успешное решение этой задачи дало бы громадный народнохозяйственный эффект.

Эту задачу можно и нужно ставить и перед лесным хозяйством. Правда, учитывая более долгий период выращивания лесов в сравнении, например, с зерновыми культурами, мы не можем быстро получить желаемые результаты. Потребуется известная очередность в генетико-селекционных работах с древесными видами. Очередность эта представляется в следующем виде.

На первых порах необходимо вести работу по двум направлениям. Одно из них — интенсивный поиск естественно произрастающих форм деревьев с особенно быстрым ростом: здесь в качестве удачного примера можно назвать исполинскую триплоидную осину. Такие формы следует размножать и в массовом масштабе вводить в состав лесов, разумеется в заранее продуманном плановом порядке. Другое направление — всемерное усиление работ по лесной генетике для выведения новых сортов, превышающих по своей энергии роста и качеству естественные, дикие формы. Здесь, по-видимому, потребуется расширение экспериментов по искусственному мутагенезу и полиплоидии; не исключена возможность и гибридизационных работ. Вместе со всеми этими работами, бесспорно, необходима тщательная разработка агротехники выращивания новых сортов.

Во вторую очередь, когда лесная генетика даст возможность получения достаточного количества первоклассных новых быстрорастущих сортов и эти сорта обеспечат облесение больших площадей, работы первого направления будут, вероятно, постепенно сворачиваться, а второе направление, в своем развитии будет идти дальше.

Важно оценить последствия решения охарактеризованной нами сейчас задачи. Повышение продуктивности леса будет, во-первых, обозначать лучшее использование земли — главного природного фактора в лесоводстве; будет достигнуто систематическое обеспечение растущих потребностей народного хозяйства и культуры в лесе; резко может сократиться период выращивания леса, то есть тот период, на который вкладываются средства для воспроизводства, которое, кстати, может стать действительно расширенным. В связи с этим, безусловно, улучшатся экономические показатели лесного хозяйства и станет более реальной перспектива перевода на хозяйственный расчет не только производства — лесовыращивания; лесозаготовки могут перестать быть «кочующими» и перейти на постоянную лесосырьевую базу.

Конечно, все это для своего завершения потребует ряд десятилетий упорной работы. Но задача, охарактеризованная нами, стóит того.

В своей речи на юбилейной сессии АН СССР тов. Л. И. Брежнев также подчеркнул, что «...В какой бы отрасли ни работали советские ученые, их всегда отличает одна характерная черта — высокая коммунистическая сознательность и советский патриотизм». Это залог того, что лесоводы и смежные с ними специалисты приложат творческий труд на перестройку лесного хозяйства в такую передовую отрасль экономики, которая будет достойна страны коммунистического завтра.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.55

ТИПЫ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ СЕВЕРА

И. И. ГУСЕВ

Архангельский лесотехнический институт

На основе корреляционного анализа парных связей возрастной изменчивости и таксационного строения таежные ельники классифицированы на одновозрастные, условно разновозрастные и разновозрастные. Анализ параметров возрастной структуры и таксационного строения позволил систематизировать экспериментальный материал и использовать его как эталон при разработке придержек для определения типов возрастной структуры.

Вопрос о возрастной структуре таежных лесов относится к наиболее сложным и слабо изученным. Хотя в отечественной литературе этот вопрос поднимался неоднократно, но до сих пор окончательно не решен.

Естественные леса всегда имеют ту или иную разновозрастность. Абсолютно одновозрастных древостоев в таежных условиях нет. Поэтому издавна используют понятие относительной одновозрастности, не выходящей за пределы принятого в хозяйстве класса возраста (для хвойных пород 20 лет). При колебаниях возраста деревьев больше одного класса многие учебники по лесной таксации и лесоводству рекомендуют относить древостои к разновозрастным. Такая классификация, основанная только на амплитуде колебаний возраста деревьев, не учитывает особенностей строения древостоя, примитивна и не отвечает современному уровню развития лесотаксационной науки и практики.

На Европейском Севере даже при самых благоприятных условиях лесообразовательного процесса крайне мало еловых древостоев с колебанием возраста деревьев до 20 лет, особенно в северной подзоне тайги. На основе данных обследования 744 пробных площадей и учетных площадок, заложенных в таежных ельниках с определением возраста 12—25 модельных деревьев, мы установили, что колебание возраста деревьев в подавляющем большинстве древостоев (90%) выходит далеко за пределы 20 лет и нередко достигает 200 лет и более.

Изменчивость амплитуды возраста в разных типах леса колеблется от 42 до 76%; с улучшением условий местопроизрастания она увеличивается.

Как справедливо указывали М. М. Орлов [12], И. С. Мелехов [10], [11], П. В. Воропанов [3], А. А. Корчагин [8], М. Л. Дворецкий [5] Н. П. Анучин [1], Н. И. Казимиров [6] и др., в природе возможны различные комбинации структуры древостоя вследствие неравномерности возобновительного процесса в пространстве и во времени.

Большая возрастная изменчивость ельников, имеющих разнообразную структуру, вызывает необходимость разработки научно обоснованной классификации. Первые классификации возрастной структуры таежных ельников [15], [4] основаны на характере распределения

деревьев по возрасту. Большую работу в этом отношении выполнили ученые Сибири, Урала, Дальнего Востока и других районов нашей страны. Заслуживают внимания классификации А. С. Матвеева-Мотина [9], С. С. Шанина и С. Н. Товбиса [19], А. Г. Шавнина [18], Э. Н. Фалалеева [17], В. С. Полякова [14], П. М. Верхунова [2], Г. Е. Комина и И. В. Семечкина [7], Н. Ф. Петрова [13] и др.

Однако классификации древостоев по возрастной структуре не нашли практического применения при таксации и организации особой системы хозяйства. Значительный тормоз в учете лесов по типам структуры — слабая разработка теоретических основ классификации; отсутствие четкости в терминологии большого количества выделенных типов и их несогласованность; отсутствие объективных критериев распознавания их в натуре вследствие слабой изученности таксационного строения и роста древостоев.

Тип возрастной структуры древостоя характеризуется степенью изменчивости возраста, закономерностью распределения деревьев по возрасту и определенными параметрами таксационного строения древостоя. Классифицируя древостои по возрастной структуре, прежде всего следует установить влияние возрастной изменчивости на показатели таксационного строения. С этой целью мы использовали 87 пробных площадей, заложенных в спелых и перестойных еловых древостоях Европейского Севера (Архангельская обл., Коми АССР). Общая площадь пробных площадей 30,7 га, на которых срублено 17,8 тыс. еловых деревьев, определен их возраст и другие таксационные показатели. В соответствии с требованиями математической статистики составлены вариационные ряды по возрасту, диаметру, высоте и исследованы параметры рядов распределения: коэффициенты варьирования возраста C_A, диаметра C_d, высоты стволов C_h; среднее квадратическое отклонение возраста σ_A, асимметрию α и эксцесс ι рядов по диаметру, высоте и возрасту.

Теоретической основой классификации возрастной структуры еловых древостоев послужили корреляционная зависимость изменчивости возраста деревьев от показателей таксационного строения, зависимость C_d от среднего диаметра древостоя при данном значении C_A или σ_A. Корреляционный анализ парных связей показал, что параметры таксационного строения C_d, α_d, ι_d больше зависят от варьирования и меньше от среднего квадратического отклонения возраста деревьев. При этом теснота связи повышается с уменьшением среднего диаметра древостоя (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции и корреляционные отношения

Коррелирующие признаки	Древостои со средним диаметром 10—20 см		Древостои со средним диаметром 20,1—32 см	
	r	η	r	η
C_A и C_d	0,74	0,81	0,54	0,66
C_A и α_d	0,62	0,67	0,41	0,55
C_A и ι_d	0,31	0,46	0,16	0,37
σ_A и C_d	0,52	0,61	0,45	0,47
σ_A и α_d	0,59	0,65	0,30	0,39
σ_A и ι_d	0,33	0,40	0,10	0,16

Связь между C_A и C_h высокая ($r = 0{,}78$; $\eta = 0{,}80$), между C_A и α_h значительная ($r = 0{,}54$, $\eta = 0{,}59$), а между C_A и ι_h отсутствует. Зависимость C_h от C_d ($r = 0{,}91$, $\eta = 0{,}92$) в еловых древостоях Севера разнообразной возрастной структуры выражается уравнением.

$$C_h = 1{,}08C_d - 9{,}1; \quad m_{C_h} = \pm 4{,}16. \qquad (1)$$

Связь между C_A и C_h также характеризуется уравнением прямой

$$C_h = 0{,}43C_A + 18{,}8; \quad m_{C_h} = \pm 3{,}36. \qquad (2)$$

Возрастная изменчивость до 12—14% не нарушает строения древостоя, свойственного элементу леса. Средние значения параметров таксационного строения на этом участке возрастной изменчивости не увеличиваются. Такие древостои мы относим к одновозрастным (имеется в виду условная одновозрастность).

Дальнейшее увеличение варьирования возраста влечет за собой изменение в строении древостоя. Например, на каждые 8% возрастной изменчивости коэффициент варьирования возрастает в среднем на 2—4% (табл. 2).

Качественный переход строения древостоя в связи с изменчивостью возраста постепенный, границы не стабильны и носят условный характер. Зависимость C_d от C_A выражается полиномом третьей степени:

для древостоев со средним диаметром 10—20 см

$$C_d = 31{,}989 - 0{,}2963C_A + 0{,}02634C_A^2 - 0{,}000295C_A^3; \; m_C = \pm 3{,}16; \qquad (3)$$

для древостоев со средним диаметром 20,1—32 см

$$C_d = 29{,}064 - 0{,}2380C_A + 0{,}01418C_A^2 - 0{,}0000478C_A^3; \; m_C = \pm 2{,}78. \qquad (4)$$

При одной и той же возрастной изменчивости варьирование диаметров стволов принимает разные значения ($\sigma = 2 \div 4\%$). Это означает, что увеличение варьирования возраста не всегда и не во всех древостоях приводит к существенному изменению параметров таксационного строения.

Древостои, которые при изменчивости возраста деревьев более 14% не отличаются от одновозрастных параметрами таксационного строения, отнесены к условно разновозрастным. Они имеют закономерную одновершинную кривую распределения деревьев по возрасту, которая достаточно хорошо аппроксимируется функцией Шарлье (кривая типа *А*).

На рис. 1 проведены разграничительные линии типов возрастной структуры еловых древостоев (*1* — древостои со средним диаметром 10—20 см; *2* — 20,1—32 см). Линия, параллельная оси ординат, отсекает поле одновозрастных, с одной стороны, и условно разновозрастных и разновозрастных, с другой. Линия, параллельная оси абсцисс, отграничивает поле условно разновозрастных и разновозрастных еловых древостоев. Горизонтальная линия проведена по максимальным значениям C_d одновозрастных древостоев. К разновозрастным отнесены древостои, которые по таксационному строению и возрастной структуре резко отличаются от одновозрастных и условно разновозрастных ельников.

Встречаются разновозрастные древостои, которые по изменчивости диаметров стволов не отличаются от одновозрастных, но имеют очень

Таблица 2

Средние значения параметров вариационных рядов по диаметру стволов

Коэффициент варьирования возраста деревьев, %	Древостои со средним диаметром 10—20 см				Древостои со средним диаметром 20,1—32 см			
	Количество пробных площадей	$C_d \pm m_C$	$\alpha_d \pm m_\alpha$	$\iota_d \pm m_\iota$	Количество пробных площадей	$C_d \pm m_C$	$\alpha_d \pm m_\alpha$	$\iota_d \pm m_\iota$
4—11,9	7	31,2±0,6	0,42±0,09	—0,16±0,19	8	27,6±1,1	0,23±0,07	—0,22±0,13
12—19,9	7	32,9±1,3	0,37±0,08	—0,31±0,12	15	29,5±0,5	0,24±0,05	—0,41±0,08
20—27,9	8	36,5±1,4	0,68±0,11	0,16±0,29	20	31,0±0,5	0,33±0,04	—0,36±0,05
28—35,9	12	40,0±1,6	0,68±0,06	0,30±0,30	7	34,6±1,8	0,53±0,10	—0,02±0,25
36—43,9	3	41,7±3,1	0,87±0,07	0,32±0,09	—	—	—	—

Таблица 4

Типы возрастной структуры таежных ельников

Тип возрастной структуры	Шифр	Колебание возраста, лет		Коэффициент варьирования возраста, %	Средний диаметр древостоя, см	Коэффициент варьирования высоты, %	Показатели рядов распределения по диаметру стволов		
		у 68% деревьев	у 95% деревьев				Коэффициент варьирования, %	Асимметрия	Эксцесс
Одновозрастные	О	До 30	До 60	4—14	10—20 Более 20	20—30 16—28	26—36 22—34	До 0,8 До 0,6	До ± 0,8—1,0 До ± 0,6—0,8
Условно разновозрастные	У. Р	До 70	До 140	16—32	10—20 Более 20	22—32 20—28	28—38 26—34	До 0,9 До 0,7	До ± 0,8—1,0 До ± 0,6—0,8
Разновозрастные	Р	До 90	До 180	22—44	10—20 Более 20	26—44 20—38	32—50 26—44	До 1,3 До 1,0	До ± 1,4—2,2 До ± 1—2

большую асимметрию вариационного ряда по диаметру или возрасту. С другой стороны, бывают случаи, когда условно разновозрастные древостои имеют повышенное значение C_d, но не отличаются от одновозрастных асимметрией и эксцессом ряда по диаметру. Однако таких случаев немного. Несмотря на это, классификацию древостоев по возрастной структуре нельзя строить только на основе корреляционной зависимости C_d от C_A. Необходимо учитывать и другие показатели возрастной структуры и таксационного строения. Важное значение имеет характер распределения стволов по толщине, высоте и возрасту, с которым связана изменчивость возраста. По мере увеличения варь-

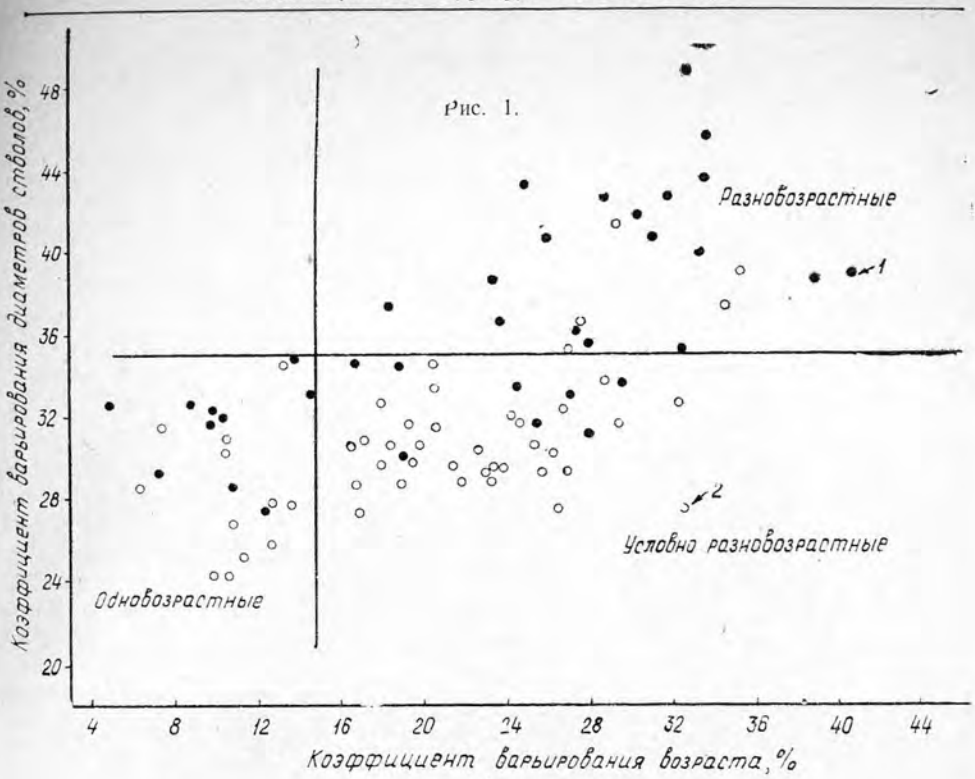


Таблица 3

Средние значения параметров вариационных рядов по возрасту и диаметру стволов еловых древостоев Севера

Средний диаметр древостоя, см / Количество пробных площадей	Статистики	Показатели рядов распределения по возрасту				Показатели рядов распределения по диаметру стволов		
		C_A	σ_A	α_A	t_A	C_d	α_d	t_d
I. Одновозрастные древостои								
10—20 / 10	*M*	10,3	13,9	—0,02	0,81	31,4	0,39	—0,21
	m	0,96	1,52	0,15	0,25	0,74	0,07	0,14
	σ	3,0	4,8	0,49	0,78	2,3	0,22	0,44
20,1—32 / 12	*M*	10,7	15,2	—0,36	0,54	28,0	0,22	—0,34
	m	0,65	0,89	0,07	0,26	0,88	0,06	0,10
	σ	2,2	3,1	0,25	0,89	3,1	0,19	0,36
II. Условно разновозрастные древостои								
14—20 / 10	*M*	23,2	34,9	0,71	1,05	33,7	0,50	—0,25
	m	1,46	2,40	0,20	0,35	0,79	0,07	0,12
	σ	4,6	7,6	0,64	1,12	2,5	0,21	0,39
20,1—32 / 29	*M*	21,7	34,4	0,58	1,01	30,5	0,31	—0,37
	m	0,67	1,86	0,09	0,24	0,35	0,03	0,05
	σ	3,6	10,0	0,49	1,30	1,9	0,18	0,27
III. Разновозрастные древостои								
10—20 / 17	*M*	31,9	42,9	0,89	1,06	40,9	0,76	0,40
	m	1,37	2,10	0,16	0,52	1,08	0,06	0,23
	σ	5,6	8,7	0,66	2,16	4,4	0,25	0,95
20,1—32 / 9	*M*	30,3	49,4	1,06	1,78	33,9	0,46	—0,04
	m	1,16	2,45	0.28	0,89	1,66	0,09	0,19
	σ	3,5	7,4	0,84	2,68	5,0	0,28	0,57

ирования возраста асимметрия вариационных рядов возрастает, а правая ветвь кривой распределения растягивается. Особенно существенно изменяется асимметрия вариационных рядов по возрасту, увеличиваясь в среднем на 0,4 на каждые 8% варьирования возраста ($r = 0{,}62$, $\eta = 0{,}67$); по диаметру и высоте не более 0,2. Зависимость между изменчивостью возраста, с одной стороны, и асимметрией вариационных рядов по возрасту и высоте, с другой, выражается уравнениями

$$\alpha_A = 0{,}0497C_A - 0{,}558; \quad m_{\alpha_A} = 0{,}63; \tag{5}$$

$$\alpha_h = 0{,}233C_A - 0{,}469; \quad m_{\alpha_h} = 0{,}19. \tag{6}$$

При варьировании возраста в пределах 4—12% имеем малую [16] меру косости ряда по возрасту, $\alpha_A = \pm 0{,}4$. Для таких древостоев характерно почти нормальное распределение стволов по возрасту при некотором преобладании деревьев обычно молодых и реже старых. С увеличением изменчивости возраста в древостое накапливаются старые деревья. В результате распределение деревьев по возрасту становится асимметричным с положительной косостью от малой до средней и большой. Таким образом, различная асимметрия вариационных рядов служит внешним проявлением сложных процессов, происходящих в древостое на разных этапах его развития.

Всесторонний анализ параметров возрастной структуры и таксационного строения позволил систематизировать экспериментальные материалы, обработать их статистическими методами и использовать как эталон при разработке придержек для определения типов возрастной структуры таежных ельников (табл. 3, 4).

Тип возрастной структуры устанавливается на основе параметров таксационного строения и изменчивости возраста деревьев. Амплитуда параметров указана на основе исследования рассеяния признаков по формуле $M \pm 2\sigma$, то есть вероятность крайних значений таксационных признаков равна 0,95. Округление сделано, как правило, на величину, не превышающую основной ошибки.

Предлагаемое количество типов возрастной структуры таежных ельников в настоящее время оптимально. В будущем, возможно, придется расширить шкалу за счет разукрупнения одновозрастных (условно одновозрастных) и разновозрастных типов возрастной структуры таежных ельников.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Анучин Н. П. Таксация и устройство разновозрастных лесов. М., «Лесная промышленность», 1969. [2]. Верхунов П. М. Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири. — В сб.: Лесоводственные исследования в лесах Сибири, вып. 2, Институт леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1970. [3]. Воропанов П. В. Ельники Севера. М.—Л., Гослесбумиздат, 1950. [4]. Гусев И. И. К вопросу о возрастной структуре ельников Архангельской области. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1962, № 2. [5]. Дворецкий М. Л. К вопросу о таксации разновозрастного древостоя. — В сб. по обмену производственным и научным опытом, вып. 4. М., «Лесная промышленность», 1967. [6]. Казимиров Н. И. Ельники Карелии. Л., «Наука», 1971. [7]. Комин Г. Е., Семечкин И. В. Возрастная структура древостоев и принципы их типизации. — «Лесоведение», 1970, № 2. [8]. Корчагин А. А. Еловые леса Западного Притиманья в бассейне р. Мезенской Пижмы (их строение и возобновление). — В сб.: Очерки по растительному покрову СССР, № 2, сер. геогр. наук, вып. II. Л., 1956. [9]. Матвеев-Мотин А. С. Универсальный способ определения запаса древостоя при перечислительной таксации. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. [10]. Мелехов И. С. О возобновлении ели на гарях. — «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1933, № 10. [11]. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. М., изд. МЛТИ,

1970. [12]. Орлов М. М. Лесная таксация. Изд. 3-е, пересм. и дополн. Л., 1929. [13]. Петров Н. Ф. Некоторые теоретические основы классифицирования древостоев по возрастному строению. — В сб.: Лесоводственные исследования в лесах Сибири, вып. 2, Институт леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1970. [14]. Поляков В. С. Разновозрастные пихтово-еловые древостои бассейна среднего течения р. Енисея. — В сб.: Разновозрастные леса Сибири, Дальнего Востока и Урала и ведение хозяйства в них. Красноярск, 1967. [15]. Синельщиков Р. Г. К вопросу о возрастной структуре ельников. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 5. [16]. Тюрин А. В. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М.—Л., Гослесбумиздат, 1961. [17]. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. М., «Лесная промышленность», 1964. [18]. Шавнин А. Г. Возрастное строение и ход роста разновозрастных ельников Среднего Урала. Автореф. на соиск. учен. степени канд. сельскохоз. наук. Владивосток, 1962. [19]. Шанин С. С., Товбис С. Н. Возрастное строение лесов Сибири и Дальнего Востока. Лиственница и ее использование в народном хозяйстве СССР. М., ЦБТИ, 1961.

Поступила 14 февраля 1975 г.

УДК 634.0.56

ХОД РОСТА И ИЗМЕНЕНИЕ С ВОЗРАСТОМ ТОВАРНОСТИ ВЕТЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. ВОЛКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Составлены таблицы хода роста ветловых древостоев и показано изменение с возрастом сортиментной структуры запаса стволовой древесины. Установлены возрасты технической спелости деловых сортиментов по категориям крупности. Высказаны рекомендации о возрасте проведения лесовосстановительных рубок.

Ветла белая *(Salix alba)* относится к быстрорастущим породам. В Астраханской области ветловые древостои произрастают в поймах рр. Волги и Ахтубы и выполняют защитные функции. Ветла здесь является основной лесообразующей породой и занимает 47 тыс. га, что составляет 58% от покрытой лесом площади.

Ветловые древостои отличаются хорошей производительностью, однако большинство их дают невысокий выход деловой древесины и характеризуются 3-м классом товарности.

Для изучения хода роста и изменения с возрастом товарной структуры ветловых древостоев были использованы материалы 17 пробных площадей, заложенных при лесоустройстве, со взятием модельных деревьев по ступеням толщины.

При изучении хода роста был применен графо-аналитический метод, заключающийся в подборе древостоев разного возраста, но принадлежащих к одной линии развития по высоте. Результаты изучения хода роста ветловых древостоев Iб класса бонитета по основным таксационным показателям приведены в табл. 1. В этой же таблице дано изменение с возрастом сортиментной структуры запаса стволовой древесины. Данные о запасе стволовой древесины развернуты по категориям крупности деловых сортиментов.

Анализ изменения средних высот древостоев с возрастом свидетельствует о весьма интенсивном росте ветляников в первые годы, когда прирост в высоту достигает 0,8—1,0 м за 1 год. К 20 годам ежегодный прирост снижается до 0,25 м, далее довольно резко замедляется и к 40 годам снижается до 0,15 м.

Таблица 1

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов на 1 га, шт.	Сумма площадей сечения на 1 га, м²	Видовое число древостоя	Запас стволовой древесины на 1 га, м³	Среднее изменение запаса, м³		Распределение запаса стволовой древесины по сортиментам			Сортиментная структура запаса деловой древесины		
							общее	периодическое	Деловая	Дрова	Отходы	Крупная	Средняя	Мелкая
5	5,3	1,4	8700	13,4	0,567	40	8,0	—	70/28	15/6	15/6	—	—	100/28
10	8,4	6,2	6920	20,9	0,493	87	8,7	9,4	54/47	36/31	10/9	—	7/3	93/44
15	11,3	10,8	3080	28,2	0,462	147	9,8	12,0	42/62	52/76	6/9	—	31/19	69/43
20	13,7	15,2	1845	33.5	0,447	205	10,3	11,6	32/66	63/129	5/10	—	54/36	46/30
25	15,9	18,7	1362	37,4	0,434	258	10,4	10,6	25/64	70/181	5/13	8/5	70/45	22/14
30	17,8	22,0	1031	39,2	0,431	302	10,0	8,8	21/63	74/224	5/15	39/25	61/38	—
35	19,5	24,7	843	40,4	0,428	337	9,6	7,0	19/62	76/257	5/17	64/40	36/22	—
40	21,0	26,8	720	40,6	0,426	363	9,1	5,2	17/62	79/286	4/15	87/54	13/8	—

Примечание. В числителе данные в процентах; в знаменателе — в кубометрах.

Средний диаметр в первые годы жизни древостоя увеличивается незначительно. В возрасте старше 5 лет нарастание диаметра резко увеличивается и до 20-летнего возраста ежегодный прирост по диаметру равен примерно 1 см, затем постепенно снижается и к 40 годам составляет всего 0,4 см.

Быстрый рост ветляников обусловливает накопление значительного древесного запаса. В первые годы жизни древостоя среднее периодическое изменение запаса древесины составляет 8—9 м³ в год. К 15 годам его величина достигает максимального значения, а затем начинается постепенно уменьшаться.

Выход деловой древесины, начиная с 20 лет, постепенно уменьшается. Резкое снижение выхода деловой древесины приводит к тому, что, несмотря на быстрое увеличение общего запаса древесины с возрастом, запас деловой древесины в древостоях старше 20 лет практически остается без изменений, проявляя тенденцию к уменьшению.

Изучение распределения запаса деловой древесины по категориям крупности дает основание отметить следующее:

а) в 5-летних древостоях деловая древесина представлена только мелкими сортиментами (диаметр в верхнем отрезе 3—12 см). С увеличением возраста до 25—30 лет выход мелких сортиментов постепенно уменьшается до нуля;

б) средние по размеру сортименты (диаметр в верхнем отрезе 13—24 см) можно получать, начиная с 10-летнего возраста древостоя. Наибольший выход этих сортиментов (70%) наблюдается к возрасту 25 лет. Затем выход средних сортиментов резко снижается и к 40 годам составляет только 13%;

в) крупные сортименты (диаметр в верхнем отрезе более 25 см) могут быть получены с 25-летнего возраста древостоя. С увеличением возраста процент их выхода резко повышается.

Выход сортиментов в сильной степени зависит от среднего диаметра древостоя. С увеличением его возрастает выход крупных сортиментов и уменьшается выход мелких.

Показатели сортиментной структуры запаса стволовой древесины в ветловых древостоях приведены в табл. 2 (класс товарности 3).

Таблица 2

Средний диаметр древостоя, см	Распределение запаса стволовой древесины по сортиментам, %			Распределение деловой древесины по крупности, %		
	Деловая	Дрова	Отходы	Крупная	Средняя	Мелкая
8	49	43	8	—	17	83
10	44	49	7	—	26	74
12	39	56	5	—	38	62
14	34	61	5	—	49	51
16	31	64	5	—	59	41
18	27	68	5	4	69	27
20	23	72	5	20	67	13
22	21	74	5	39	61	—
24	20	76	4	59	41	—
26	18	78	4	78	22	—
28	17	80	3	92	8	—

Для установления возраста технической спелости на отдельные сортименты и их группы были вычислены текущее и среднее изменения запасов с возрастом (табл. 3). Анализ показателей табл. 3 позволяет сделать следующие выводы:

а) техническая спелость по крупным сортиментам до возраста 40 лет не наступает;

б) на средние по размеру сортименты техническая спелость достигается к возрасту 25 лет;

в) возраст технической спелости на мелкие сортименты — 5 лет;

г) по суммарному выходу крупных и средних сортиментов техническая спелость наступает в 30 лет.

Модельные деревья, спиленные в древостоях старше 20 лет, имеют значительные повреждения стволов бурой сердцевинной гнилью.

Таблица 3

Возраст, лет	Текущее (числитель) и среднее (знаменатель) изменение запасов древесины на 1 га, м³				
	Деловой	Крупной	Средней	Мелкой	Крупной+ +средней
5	5,6/5,6	—	—	5,6/5,6	—
10	3,8/4,7	—	0,6/0,3	3,2/4,4	0,6/0,3
15	3,0/4,1	—	3,2/1,3	—0,2/2,8	3,2/1,3
20	0,8/3,3	—	3,4/1,8	—2,6/1,5	3,4/1,8
25	—0,4/2,6	1,0/0,2	1,8/1,8	—3,2/0,6	2,8/2,0
30	—0,2/2,1	4,0/0,8	—1,4/1,3	—2,8/—	2,6/2,1
35	—0,2/1,8	3,0/1,2	—3,2/0,6	—	—0,2/1,8
40	0,0/1,5	2,8/1,3	—2,8/0,2	—	0,0/1,5

Дуплистость к 40 годам поражает большое количество деревьев, что резко понижает выход деловых сортиментов.

Рекомендуя возраст главной рубки, необходимо учитывать санитарное состояние ветляников в разном возрасте и момент наступления технической спелости нужных народному хозяйству сортиментов.

В условиях Астраханской области наибольшим спросом пользуются средние по размеру деловые сортименты, техническая спелость которых наступает к 25 годам.

Поскольку ветловые древостои старше 20 лет начинает интенсивно поражать сердцевинная гниль, нецелесообразно держать их на корню, так как выход деловой древесины практически не увеличивается. Для ветловых древостоев Астраханской области возраст лесовосстановительной рубки следует установить в V классе возраста, то есть в 21—25 лет.

Поступила 7 апреля 1975 г.

УДК 634.0.81

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ И ВЕСОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, Г. М. ДАВИДОВ

Ленинградская лесотехническая академия

На основе экспериментально определенных показателей условной плотности древесины насаждений и данных о древесных запасах установлена весовая продуктивность модальных березовых насаждений в районе исследований.

Все расширяющаяся глубокая переработка древесины ставит задачу по применению более совершенных методов учета древесного сырья.

Таблица 1

№ пробной площади	Возраст березы, лет	Состав по ярусам	Запас, м³	Число стволов на 1 га	Средние данные по березе			Условная плотность древесины березы, кг/м³		
								на высоте груди		средняя по насаждению
					Высота, м	Диаметр, см	$\frac{z_{1/3}}{z_{1,3}}$	пределы колебаний	средняя	
1	81	8,9Б1,1Е+С	284	978	21,0	19,8	1,10	432—517	480	467
2	48	7,3Б2Ос0,4Е 0,1С0,2Ол	216	1229	16,3	14,9	1,09	414—558	488	476
3	41	9,2Б0,8С	219	2597	15,0	11,2	1,05	460—550	495	491
4	29	9,6Б0,4Ос	130	5420	11,6	7,2	1,05	442—547	486	483
5	43	I—8,3Б1,1Ос0,6С	164	1338	16,2	13,0	1,26	433—516	474	460
		II—10Е	4	50						
6	62	1—8,9Б1Ос	282	894	22,0	17,9	1,26	479—558	506	497
		II—10Е	10	43						
7	84	I—9Б1С	264	484	26,5	23,2	1,05	476—539	508	492
		II—10Е	41	239						
8	76	1—10Б	207	738	21,2	19,9	1,16	416—555	490	482
		II—10Е	45	600						
9	14	7,2Б1,5Ол1,3С	58	10580	7,6	3,7	1,20	374—478	428	426
10	8	9Б0,7Ос0,3Лп	37	16140	5,4	3,0	1,20	412—540	455	452
11	63	8Б2ОС+Е	330	694	22,0	26,5	1,03	447—512	460	454
12	29	8Б2Ол+Е, С	160	3320	15,0	9,2	1,10	464—575	510	504
13	33	7Б2,3С0,6Ол0,1ОС	156	1497	18,0	13,0	1,16	440—514	470	466
14	43	8,7Б0,7Е0,3С0,3Ос	214	1371	20,0	15,4	1,12	446—556	484	476
15	62	I—10Б+Ос	204	600	24,0	21,0	0,95	428—509	475	482
		II—10Е	43	192						
16	81	1—7,2Б2,8С	300	420	28,2	24,2	0,88	438—561	499	500
		II—10Е	4	68						
17	76	1—7,5Б2,5С	269	480	25,5	23,7	0,95	490—576	497	501
		II—10Е	18	102						
18	67	1—7,5Б2,4С0,1Ос	314	720	25,5	20,9	0,75	439—563	499	500
		II—10Е	4	45						

Один из таких методов — весовая таксация леса, дающая возможность оценивать древесное сырье по количеству содержащегося в нем сухого вещества [8]. Данные о содержании сухого вещества позволяют наиболее точно рассчитать выход целлюлозы, расход древесины на производство плит и т. д. Важно подчеркнуть, что в лесохозяйственном производстве весовая таксация леса в лучшей степени, чем объемная, выявляет преимущества тех или иных древесных пород и методов лесовыращивания.

В этой связи очень характерно изменение оценки качества древесины березы и перспектив ее выращивания, наблюдаемое в последние годы в Западной Европе.

Современная технология позволяет широко использовать древесину березы в целлюлозно-бумажном производстве и в производстве древесных плит [1], [11], [13]. Приводятся все новые доказательства выгодности выращивания березовой древесины по сравнению с хвойной на достаточно богатых почвах, особенно при коротких оборотах рубки [10], [12]. Для условий Советского Союза установлено [4], что себестоимость производства 1 т небеленой сульфатной целлюлозы из березовой древесины может быть снижена на 30% по сравнению с целлюлозой из сосновой древесины.

Преимущество березового сырья по сравнению с древесиной хвойных пород проявляется прежде всего в его более высокой плотности. Эта особенность березовой древесины в сочетании с достаточно быстрыми темпами накопления запаса в процессе роста должна особенно интересовать лесоводов.

Целью настоящей работы было исследование плотности древесины березовых (*Betula verrucosa*) древостоев Ленинградской области и оценка их весовой продуктивности с использованием таксационных и древесиноведческих методов.

Исследования проводили на 18 пробных площадях, заложенных в насаждениях Охтинского и Лисинского лесхозов в наиболее распространенных типах леса — кисличном и черничном. Почти все пробные площади были представлены березовыми древостоями I—II классов бонитета. Краткая таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

На каждой пробной площади было срублено по три модели, представлявшие центральную ступень толщины. По шайбам, выпиленным на высоте груди и далее через каждые 3 м, производили упрощенный анализ хода роста и последующее лабораторное определение условной плотности древесины $\rho_{усл}$. Показатели условной плотности дополнительно на каждой площади определяли по цилиндрикам, высверленным у 8—13 деревьев центральной ступени толщины на высоте груди. В обоих случаях условную плотность определяли методом измерения выталкивающей силы [7].

Таксационные и древесиноведческие характеристики насаждений на пробных площадях позволили объединить изученные объекты в отдельные группы, в пределах которых по соответствующим моделям устанавливали связь между средней плотностью ствола $\rho_{ср}$ и плотностью на высоте груди $\rho_{1,3}$. Уравнения этой связи позволили пересчитать данные о плотности, полученные по цилиндрикам, в данные о средней плотности древесины. Среднюю плотность древесины на каждой пробной площади определяли как среднее арифметическое по 11—16 исследованным деревьям.

Умножая среднюю плотность древесины на запас (м³), определяли весовую продуктивность (запас сухого вещества, т/га) насаждения [7].

Результаты определения плотности древесины на отдельных пробных площадях приведены в табл. 1.

Учитывая происхождение древостоев, установленное по старым лесоустроительным материалам, и особенности изменения плотности древесины по высоте ствола, все исследованные березняки можно разделить на пять групп. Краткая характеристика их дана в табл. 2.

У насаждений первых четырех групп средний прирост по диаметру на половине высоты ствола $z_{1/2}$ больше, чем прирост на высоте груди $z_{1,3}$, а $\rho_{ср} < \rho_{1,3}$. Безусловный интерес представляют насаждения пятой группы, характеризующиеся так называемым «вогнутым приростом» [3]. У этих древостоев средний прирост на середине ствола меньше, чем на высоте груди, а $\rho_{ср} < \rho_{1,3}$ (табл. 1). Обращает на себя внимание сильная степень корреляции $\rho_{ср}$ и $\rho_{1,3}$, проявляющаяся вне зависимости от групп древостоев (табл. 2). Уравнения этой связи позволяют с большой надежностью рассчитывать $\rho_{ср}$ по $\rho_{1,3}$, то есть обходиться без рубки модельных деревьев.

Связь плотности древесины с возрастом на исследованных пробных площадях, напротив, проявляется довольно слабо, хотя в сопо-

Таблица 2

№ группы	Характеристика березняков	№ пробной площади	Уравнения связи и коэффициенты корреляции
1	Средневозрастные березняки, возникшие на месте сосняков	3, 4	$\rho_{ср} = 47{,}0 + 0{,}897\rho_{1,3}$ $r = 0{,}859$
2	Приспевающие и спелые березняки, возникшие на месте сосняков	1, 2, 5, 6	$\rho_{ср} = 1{,}21\rho_{1,3} - 114{,}0$ $r = 0{,}955$
3	Молодняки и средневозрастные березняки, возникшие на месте ельников	9, 10, 12, 13	$\rho_{ср} = 18{,}2 + 0{,}953\rho_{1,3}$ $r = 0{,}957$
4	Приспевающие спелые и перестойные березняки, возникшие на месте ельников	7, 8, 11, 14	$\rho_{ср} = 32{,}0 + 0{,}918\rho_{1,3}$ $r = 0{,}992$
5	Спелые и перестойные березняки, возникшие на месте ельников, имеющие „вогнутый прирост"	15, 16, 17, 18	$\rho_{ср} = 105{,}0 + 0{,}793\rho_{1,3}$ $r = 0{,}946$

ставимых условиях плотность древесины с возрастом увеличивается. В конкретных же древостоях на плотность древесины сильное влияние оказывает густота и характер предшествующего развития насаждения (тип роста насаждения). Второй фактор объясняет, в частности, различия в плотности древесины на пробах 1 и 16, имеющих один и тот же возраст 81 год. Анализ модельных деревьев показал, что древостой на пробе 1 развивался равномерно. На пробной площади 16 древостой до 50 лет развивался в замедленном темпе, и лишь в последние 30 лет его рост в высоту происходил по I классу бонитета. Таким образом, пробная площадь 16 может быть отнесена к известному в лесной таксации типу роста с возрастающей интенсивностью [2], [6]. Аналогичная причина объясняет различия в плотности древесины на пробных площадях 7 и 17.

Во многих случаях формирование древесины находилось под сильным влиянием другого фактора — густоты древостоев, которая, естественно, отражалась на среднем диаметре насаждений.

Для решения задачи по прогнозированию плотности древесины березы было составлено уравнение, учитывающее одновременное влияние двух наиболее важных факторов: скорости роста (среднего диаметра насаждений) и возраста. Уравнение связи $\rho_{ср}$ с диаметром насаждений X_1 и их возрастом X_2 имеет вид

$$\rho_{ср} = 453{,}78 - 1{,}98X_1 + 1{,}11X_2.$$

Множественный коэффициент корреляции зависимости $\rho_{ср}$ от возраста и диаметра насаждений $R = 0{,}600$. Оценка R по F-критерию показала, что данная взаимосвязь значима на 5%-ном уровне ($4{,}22 > 3{,}60$).

Используя это уравнение, на основе данных о средних диаметрах модальных березняков II класса бонитета Северо-Запада европейской части СССР [5] можно рассчитать среднюю условную плотность березы в насаждениях разного возраста, а умножая $\rho_{усл}$ на соответствующие запасы, — и их весовую продуктивность (табл. 3). Для сравнения в табл. 3 приведены сведения о весовой продуктивности модальных

Таблица 3

Возраст, лет	Береза				Ель		
	Средний диаметр, см	$\rho_{усл}$, кг/м³	Запас, м³/га	Весовая продуктивность, т/га	$\rho_{усл}$, кг/м³	Запас, м³/га	Весовая продуктивность, т/га
10	2,4	460	26	12,0	—	—	—
20	6,4	463	63	29,2	349	62	21,6
30	10,8	466	106	49,4	351	118	41,4
40	16,0	467	151	70,5	353	181	63,9
50	18,9	472	197	93,1	354	244	86,4
60	21,8	477	233	111,1	358	293	104,9
70	23,3	485	268	130,0	361	337	121,7
80	24,5	494	293	144,7	366	375	137,3
90	25,4	503	315	158,5	371	408	151,4
100	25,7	514	331	170,1	377	441	166,3

еловых древостоев II класса бонитета этого же района. Данные о $\rho_{усл}$ для ели взяты из ранее опубликованной работы [9].

Из табл. 3 видно, что модальные березовые насаждения, уступая почти на всех этапах возрастного развития еловым древостоям по запасу, превосходят насаждения ели по весовой продуктивности. Эта разница особенно значительна у насаждений до 50 лет.

Таким образом, в настоящей работе сделана попытка совместного применения методов таксации и древесиноведения для решения вопроса о весовой оценке березовых насаждений. Представляется, что данная методика приемлема для решения аналогичной задачи и для других древесных пород.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Воробьев Г. И., Иевинь И. К., Телегин Н. П., Тищенко А. И. Лесное хозяйство Швеции. М., «Лесная промышленность», 1973. [2]. Давидов М. В. Бонитет как единица таксационной классификации насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 4. [3]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М., «Лесная промышленность», 1964. [4]. Коротаев Э., Стожков В. Березовая целина. Газ. «Лесная промышленность», 1974, 11 июля. [5]. Моисеев В. С., Нахабцев И. А. Лесная таксация (пособие по учебной практике). ЛТА, 1973. [6]. Никитин К. Е. К вопросу бонитирования насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1959, № 4. [7]. Полубояринов О. И. Плотность древесины. ЛТА, 1973. [8]. Полубояринов О. И. Древесиноведческие принципы весовой таксации леса.—Тезисы докладов Всесоюзной конференции по вопросам совершенствования лесного хозяйства. Киев, 1973. [9]. Полубояринов О. И. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины. ЛТА, 1974. [10]. Crami A. Die Birke, das Aschenbrödel unter unseren heimishen Holzarten. — «Mitt. dtsch. dendrol. Ces.», 1972, № 65. [11]. Erkén T. Variationen i björkens torr-ravolymvikt. — «Skogen», 1973, № 1. [12]. Jyrki R. Om val av odlingsområde för vartbjork. — «Skogsaktuellt», 1973, № 3. [13]. Le Chatelier X. Evolution récente de la foresterie suèdoise. — «Rev. forest franc.», 1971, № 5, 23.

Поступила 21 апреля 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 634.0.2

ЗОНАЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

П. Н. ЛЬВОВ, Л. Ф. ИПАТОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается изменение основных таксационных показателей древостоев в наиболее распространенных типах лесов разных подзон тайги Европейского Севера. Показано существенное возрастание продуктивности одноименных типов леса по мере продвижения от притундровой к южной подзоне. Сообщается о практическом значении установленных закономерностей.

Выявление зональных различий в морфологии типов лесов и производительности древостоев имеет большое теоретическое и прикладное значение. В ряде работ мы характеризовали некоторые типы лесов, отображая их своеобразие в связи с особенностями физико-географической среды [1—6]. Было показано и различие в морфологии и производительности ельников черничных, произрастающих на разной широте [7], [8]. Но все эти данные основывались на показателях конкретных пробных площадей, а поэтому не могли отражать географических особенностей лесов обширных территорий в целом. Для выполнения такой работы необходимо было четко обозначить границы подзон. Опираясь на сумму биологически активных температур (свыше 10°), мы провели границы подзон по четким наземным ориентирам [2], [8]. На этой основе были совмещены границы лесхозов (лесничеств) с границами подзон. Таким образом, зональное расчленение территории из условно относительного было поставлено на прочную практическую основу. Для выявления особенностей лесов, произрастающих в разных подзонах тайги Европейского Севера [9], были использованы массовые данные лесоустройства.

В настоящей статье по данным выборок более 6 тыс. выделов из материалов лесоустройства приводятся средние таксационные характеристики наиболее представленных типов еловых и сосновых лесов VII класса возраста, в которых не проводились рубки (табл. 1 и 2). Статистическая обработка материала показала существенность различия ($t>3$) в важнейших таксационных показателях (средних высоте, диаметре, полноте, классе бонитета и запасе древесины на 1 га) одноименных типов лесов разных подзон.

Рассматривая типы еловых лесов (табл. 1), можно заметить, что доля ели в наиболее распространенных типах (черничном, долгомошном и брусничном), а также и в травяно-сфагновом возрастает от притундровой к южной подзоне. Этот, с первого взгляда малопримечательный, факт в действительности отражает своеобразие природы леса в связи с характером физико-географической среды. Для всех указанных в таблице типов еловых лесов характерна заметная примесь березы. Иначе говоря, на данной территории береза является непременным спутником ели.

Таксационные показатели древостоев имеют выраженные различия по типам леса, а в пределах типа леса — по подзонам тайги. Разли-

Таблица 1

Подзона*	Состав древостоя	Средние высота, м	Средние диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас стволовой древесины, м³ на 1 га
	Ельник брусничный					
1	6,5Е0,3С0,1Лц3,1Б	14,9	17,0	V,2	0,54	112
2	6,9Е0,5С0,5Лц2,1Б	15,0	18,1	V,1	0,59	130
3	7,1Е0,4С0,2Лц2,3Б	18,1	18,9	IV,3	0,63	181
4	7,5Е0,2С2,2Б0,1Ос	21,5	22,5	III,5	0,66	264
	Ельник черничный					
1	7,1Е0,3С0,2Лц2,4Б	14,9	19,7	V,2	0,56	115
2	7,1Е0,6С2,3Б,ед.Пх	16,9	21,0	IV,7	0,64	168
3	7,7Е0,3С0,1Лц1,7Б0,2Ос	19,0	22,9	IV,2	0,66	207
4	8,2Е0,3С0,2Пх0,8Б0,5Ос	23,2	27,8	III,0	0,67	300
	Ельник долгомошный					
1	7,5Е0,3С2,2Б	13,0	17,6	V,6	0,51	85
2	7,2Е0,1С0,1Лц2,6Б	14,8	17,8	V,2	0,58	117
3	7,5Е0,1С2,4Б+Ос	15,5	17,1	V,0	0,64	147
4	8,2Е0,3С0,4Пх1,1Б	20,3	22,7	III,8	0,64	250
	Ельник приручейный					
1	7,2Е0,1С2,7Б	15,4	19,5	V,0	0,53	117
2	7,2Е0,1С2,7Б+Ол	16,6	21,4	IV,7	0,56	133
3	6,9Е0,1С2,8Б0,2Ос+Ол	19,0	23,0	IV,2	0,60	188
4	7,2Е2,5Б0,3Ос+Ол,Ив	20,8	27,2	III,7	0,62	222
	Ельник травяно-сфагновый					
1	7,0Е0,2С2,8Б	12,2	15,8	V,8	0,49	81
2	6,6Е0,1С3,3Б	13,0	16,0	V,6	0,53	90
3	7,1Е0,1С2,8Б	15,1	17,0	V,1	0,59	127
4	8,8Е0,2С1,0Б	17,0	20,1	IV,6	0,60	167
	Ельник сфагновый					
1	7,2Е0,4С2,2Б	10,8	14,9	Va,2	0,37	50
2	7,3Е0,4С2,3Б	13,0	15,5	V,7	0,49	87
3	7,9Е0,2С1,9Б	13,2	15,7	V,6	0,55	96

* Подзоны обозначены цифрами: 1 — притундровая; 2 — северная; 3 — средняя и 4 — южная.

чие таксационных показателей одноименных типов леса, произрастающих в разных подзонах, обусловлено главным образом количеством тепла, поступающего на поверхность суши на разной широте. Лишь в исключительно неблагоприятной лесорастительной обстановке ельника сфагнового эти показатели несколько нивелируются.

Аналогичен характер изменений для классов бонитета и полноты. Более контрастным выглядит суммирующий показатель таксационных характеристик — биомасса стволовой древесины, отраженная в запасе на единице площади. В черничном и долгомошном типах в южной подзоне тайги запас почти в три раза больше, чем в притундровой, а в остальных типах еловых лесов в два раза. Даже в таком, казалось бы, выравненном по экологическим условиям, типе леса, как ельник сфагновый, запасы древесины в средней подзоне в два раза выше, чем в притундровой подзоне.

Довольно близкая картина в колебаниях таксационных показателей наблюдается и в сосновых лесах (табл. 2). Изменение состава древостоя в связи с различием физико-географической среды довольно четко выражено в сосняке лишайниковом. Заметно возрастание до-

Таблица 2

Подзона	Состав древостоя	Средние высота, м	Средние диаметр, см	Класс бонитета	Полнота	Запас стволовой древесины, м³ на 1 га
	Сосняк лишайниковый					
1	9,7С0,2Е0,1Б	13,1	18,9	V,6	0,46	88
2	9,6С0,2Е0,2Б	14,3	20,4	V,2	0,50	108
3	10С + Б	15,9	21,6	IV,9	0,51	128
4	10С	19,7	26,1	IV,1	0,61	207
	Сосняк брусничный					
1	8,2С0,7Лц0,3Е0,8Б	15,0	21,9	V,1	0,54	127
2	8,1С0,6Лц0,9Е0,4Б	16,6	22,4	IV,7	0,57	148
3	8,4С0,3Е1,3Б	18,7	24,7	IV,2	0,60	187
4	8,9С0,2Е0,8Б0,1Ос	23,5	31,1	III,0	0,64	280
	Сосняк черничный					
1	7,0С1,0Лц1,0Е1,0Б	16,2	21,8	IV,8	0,58	147
2	7,0С0,5Лц1,3Е1,2Б	17,9	22,0	IV,4	0,60	174
3	7,9С0,1Лц1,2Е0,8Б	19,8	22,8	III,9	0,64	215
4	6,8С1,8Е0,7Б0,7Ос	25,9	30,4	II,4	0,69	347
	Сосняк долгомошный					
1	7,6С0,1Лц1,4Е0,9Б	12,7	17,5	V,7	0,50	89
2	8,1С1,1Е0,8Б+Лц	14,3	19,0	V,3	0,55	115
3	8,2С0,1Лц0,9Е0,8Б	15,8	19,7	IV,9	0,59	136
4	7,3С1,9Е0,8Б	19,0	23,1	IV,1	0,64	206
	Сосняк багульниковый					
1	8,2С1,2Е0,6Б,ед.Лц	12,2	16,8	V,8	0,48	67
2	8,9С0,4Е0,7Б	13,4	17,6	V,6	0,54	102
3	8,7С0,7Е0,6Б+Лц	14,4	17,8	V,3	0,59	124
	Сосняк сфагновый					
1	8,5С0,9Е0,6Б	9,4	14,3	Va,5	0,42	47
2	8,8С0,7Е0,5Б	12,2	18,2	V,8	0,45	77
3	9,1С0,5Е0,4Б	12,8	18,7	V,7	0,47	82
4	9,2С0,6Е0,2Б	14,3	19,0	V,3	0,49	104

ли сосны от притундровой к южной подзоне в сосняках брусничном и сфагновом. В черничном и долгомошном типах сосняков такой закономерности не наблюдается. Наименьшая доля сосны (соответственно 6,8 и 7,3) в этих типах леса оказалась в южной подзоне.

Для сосновых, как и еловых, лесов характерна различная примесь березы. Ель — также обычный спутник сосны даже в лишайниковом типе северной и притундровой подзон. В сопоставимых типах притундровой и южной подзон на относительно дренированных почвах брусничных и черничных типов, а также в сфагновом типе разница в высотах и диаметрах наиболее выражена у сосны (табл. 3). Иначе говоря, по этим показателям в данных лесорастительных условиях сосна более чутко, чем ель, реагирует на тепловой фактор.

Таблица 3

Тип леса	Высота, м: ели	Высота, м: сосны	Диаметр, см: ели	Диаметр, см: сосны
Брусничный	6,6	8,5	5,5	9,2
Черничный	8,3	9,7	8,1	8,6
Долгомошный	7,3	6,3	5,1	5,5
Сфагновый	—	4,9	—	4,7

Запас стволовой древесины в брусничном и черничном типах сосняков всех подзон также выше, чем в тех же типах еловых лесов.

Отмеченные зональные особенности лесов необходимо учитывать при планировании лесохозяйственных работ, особенно по воспроизводству лесов, при разработке норм выработки и расценок на лесосечные работы, проведение уходов за лесом, при составлении проектов освоения лесов по мере продвижения в северные широты.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Львов П. Н. Использование леса в защитных целях на Севере. Архангельск, Северо-Западное книжное изд-во, 1966. [2]. Львов П. Н. Европейский Север как лесоводственно-экономический район. Информ. бюлл. научн. Совета по комплексному освоению таежных территорий, № 2, СО АН СССР. Иркутск, 1969. [3]. Львов П. Н. Изменение лесной растительности на северной границе ее распространения в связи с удалением от русла реки. — «Лесоведение», 1969, № 2. [4]. Львов П. Н. Ельник лишайниковый и его хозяйственная оценка. — В сб.: Вопросы лесоводства и таксации лесов Европейского Севера, вып. 2, Северо-Западное книжное изд-во, 1970. [5]. Львов П. Н. Продуктивность лесов Европейского Севера в связи с широтной зональностью. — В сб.: Продуктивность биогеоценозов субарктики, УФ АН СССР. Свердловск, 1970. [6]. Львов П. Н. К характеристике еловых и лиственничных редколесий на северном пределе распространения лесов. — Труды АЛТИ, вып. XXIII. Архангельск, 1971. [7]. Львов П. Н. Географические варианты ельника черничного на Европейском Севере. — Тезисы Всесоюзного совещания. Петрозаводск, 1971. [8]. Львов П. Н. Природа лесов Европейского Севера и ведение в них хозяйства. Северо-Западное книжное изд-во, 1971. [9]. Львов П. Н., Ипатов Л. Ф. Изменение таксационных показателей древостоя ельника черничного в связи с зональностью лесов Европейского Севера. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 6.

Поступила 19 марта 1975 г.

УДК 581.821.2

О РАЗЛИЧИЯХ В АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ КОРЫ ДВУХ ЛИСТВЕННИЦ

В. М. ЕРЕМИН

Воронежский лесотехнический институт

Исследована анатомическая структура коры лиственницы сибирской и лиственницы даурской. Выявлены различия в гистологическом составе перидермы, количестве флоэмных лучей и кристаллоносной паренхимы. Отмечены различия в количественном развитии отдельных тканей. У исследованных видов отмеченные различия носят устойчивый характер и могут иметь диагностическое значение. Кора побегов в диагностическом плане более показательна, чем кора стволовой части.

Среди родов сем. *Pinaceae* род *Larix* выделяется многочисленными и чрезвычайно интересными чертами во внешнем и внутреннем строении, разнообразием форм, наличием как прогрессивных (листопадность), так и примитивных (в анатомическом строении) признаков [2], [3], [5], [11], [12]. Морфологические признаки представителей этого рода варьируют в очень широких пределах и не могут быть положены в основу для окончательного установления количества видов [2], [3], [10]. В анатомическом строении древесины, наоборот, виды лиственницы настолько однотипны, что определение их по анатомическим признакам древесины практически невозможно [1]. Изучая строение коры дальневосточных лиственниц, мы пришли к выводу,

что по анатомическим признакам коры виды лиственницы различаются довольно хорошо [4], [5]. Однако сведений по анатомии коры в известной нам литературе совершенно недостаточно для решения важных вопросов таксономии и диагностики внутри этого рода и они, как правило, касаются строения отдельных тканей [6] — [9], [16], [17]. Кора как комплекс тканей с учетом возрастных изменений изучена лишь для отдельных видов [4], [5], [13] — [15].

До сих пор нет единого мнения и о филогенетических отношениях лиственниц. Это обстоятельство усугубляется отсутствием более или менее достоверных сведений о времени и центре происхождения лиственниц [3]. Наличие видов как с примитивными, так и с прогрессивными признаками дало основание В. Н. Сукачеву разделить этот род на шесть серий, которые отделились от общего ствола в разное время и на разных ступенях развития [11].

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.) и лиственница даурская (*Larix dahurica* Turcz.) отнесены к самым молодым ветвям развития, в своей организации они наиболее сильно отклоняются от прародительской формы и обладают значительным сходством как по морфологическим признакам, так и в анатомическом строении древесины. Это обстоятельство и побудило нас изучить анатомическое строение их коры и выявить сходные и отличительные черты.

Для исследования анатомической структуры коры было отобрано по два модельных дерева обоих видов: лиственницы сибирской в Балайском леспромхозе Красноярского края и лиственницы даурской в Тыгдинском лесхозе Амурской области, в типах леса соответственно бор-брусничник и листвяг разнотравный. Таксационная характеристика модельных деревьев дана в табл. 1.

Таблица 1

Вид лиственницы	№ дерева	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см
Сибирская	1	40	22,5	25,0
	2	100	25,0	53,0
Даурская	1	55	20,1	19,9
	2	65	21,5	20,0

С модельных деревьев брали образцы коры с 1—2-летних побегов и из стволовой части: из середины кроны, из середины ствола и с высоты 1,3 м. Для сравнения были взяты образцы коры с высоты 1,3 м у 200-летних деревьев. Все деревья имели хорошо развитую крону, прирост по высоте составлял 15—20 см, в стволах не было обнаружено признаков гнили.

Микрообразцы коры, взятые для анализа, фиксировали в спирте и выдерживали в смеси спирта и глицерина (1 : 1). На санном микротоме готовили поперечные и продольные срезы толщиной 10—30 мк и по обычной методике изготовляли постоянные препараты. Анализ препаратов производили на светооптических микроскопах МБИ-6 и МББ-1.

Кора обеих лиственниц состоит из одних и тех же тканей, не наблюдается различий и в их топографии. Тем не менее как отдельные ткани, так и кора в целом у этих видов характеризуется рядом отличительных признаков.

Кора побегов. Ткани коры побегов в гистологическом отношении имеют несколько специфических черт. Однако большее различие наблюдается в количественном участии тканей в составе коры. Общая толщина коры однолетних побегов колеблется в пределах 0,5—1,1 мм, однако на второй год у лиственницы сибирской она увеличивается вдвое и становится в два раза толще, чем у даурской.

Не имея существенных различий в строении эпидермиса, гиподермы и листовых подушек, эти виды существенно различаются по

структуре и мощности перидермы, отделяющей названные ткани от первичной коры. Если в однолетних побегах лиственницы сибирской феллема перидермы состоит из 4—10 рядов клеток губчатой пробки, среди которой тонкими однорядными линзами расположена каменистая пробка, то у даурской феллема представлена только тремя рядами клеток губчатой пробки. Каменистая пробка отсутствует и развивается значительно позже, в вершинной части ствола. На второй год толщина перидермы у сибирской лиственницы увеличивается вдвое, а линзы каменистой пробки становятся 3—5-рядными. У даурской лиственницы количество рядов пробки удваивается, а толщина перидермы в результате деформации клеток губчатой пробки почти не изменяется. У обеих лиственниц в клетках губчатой пробки, прилегающих к феллогену, имеются мелкие призматические кристаллы оксалата кальция.

Первичная кора побегов лиственниц сложена изодиаметрическими клетками с более или менее развитой сетью межклетников. Общая толщина первичной коры не превышает 500 мк у обоих видов, но у сибирской вследствие разрастания шаровидных смоловместилищ толщина пояса первичной коры в двухлетних побегах увеличивается вдвое. С возрастом отдельные клетки первичной коры склерифицируются, а в некоторых откладываются кристаллы оксалата кальция. Число шаровидных смоловместилищ в первичной коре обеих лиственниц примерно одинаково и составляет 15—18 шт. на всю площадь поперечного среза однолетнего побега. Размеры их колеблются в пределах 200—400 мк. Первичная флоэма выражена очень плохо, к концу вегетационного периода она облитерируется настолько сильно, что дать ее характеристику не представляется возможным.

Вторичная флоэма, сложенная ситовидными клетками, флоэмными лучами и аксиальной паренхимой, почти не различается в количественном отношении. Сложена она 10—12 рядами ситовидных элементов. Значительные различия в этой ткани у исследованных видов наблюдаются по насыщенности флоэмными лучами и кристаллоносной паренхимой. Если у лиственницы даурской на 1 мм^2 тангентального среза флоэмы число лучей составляет 110—120, то у сибирской почти вдвое меньше. Такое же соотношение наблюдается и в количестве кристаллоносной паренхимы, которой у даурской насчитывается от 25 до 30 тяжей на 1 мм^2.

Кора стволовой части. Кора побегов, по мере утолщения последних, претерпевает значительные изменения, называемые возрастными. Она становится проще по гистологическому составу, но значительно лучше развита в количественном отношении. Элементы тканей, в первую очередь, вторичная флоэма, накапливаются, увеличивается общая толщина коры, в результате заложения повторных перидерм образуется корка. Параметры ситовидных клеток по мере продвижения вниз по стволу увеличиваются и достигают дефинитивных размеров на середине ствола.

Повторные перидермы, которые закладываются с 3—7-летнего возраста дерева, через 1—2 мм, достигают толщины на середине ствола 1 мм и более. В феллеме довольно хорошо выражен феллоид. У лиственницы сибирской в пробке очень хорошо развита слоистость, которая почти не выражена у даурской.

Корка, формирующаяся в результате заложения повторных перидерм, плотная, но значительных деформаций тканей в ней не происходит. В составе корки почти нет кристаллов оксалата кальция и значительно меньше, чем во вторичной флоэме, склереид.

Вторичная флоэма на середине ствола значительно лучше развита у лиственницы сибирской. Толщина ее составляет 3,4—3,6 мм, тогда как у даурской всего 2,5—2,7 мм. В то же время проводящая флоэма у сибирской лиственницы на 60—80 мк у́же, чем у даурской. Такое различие в толщине непроводящей флоэмы объясняется более интенсивным процессом коркообразования у лиственницы даурской. В проводящей флоэме у сибирской лиственницы число ситовидных клеток в ряду составляет 12—15, а у даурской только 7—10, но меньший радиальный размер клеток у сибирской обусловливает и меньшую толщину проводящей флоэмы (табл. 2).

Таблица 2

Элементы коры	Характеристика элементов коры			
	однолетнего побега		середины ствола	
	Лиственница сибирская	Лиственница даурская	Литвенница сибирская	Лиственница даурская
Общая толщина коры, мм	0,8—1,0	0,5—1,1	8,0—10,0	6,0—10,5
Наружная перидерма, мк	200—300	60—100	—	—
Первичная кора, мк	400—500	200—500	—	—
Флоэма, мк				
вся	160—170	130—150	3400—3600	2600—2700
в том числе проводящая	160—170	130—150	320—340	380—400
Ситовидные элементы:				
длина, мк	910±12	445±14	3620±68	2985±101
достоверность различия t	24,5		5,3	
тангентальный размер, мк	20±0,3	16±0,6	34±0,7	40±1,5
достоверность различия t	5,7		3,6	
радиальный размер, мк	9,5±0,2	14±0,2	23±0,4	27±0,8
достоверность различия t	18,0		4,4	
Тангентальный срез флоэмы:				
число лучей на 1 мм²	70—75	110—120	30—38	30—35
число клеток с кристаллами на 1 мм²	5—10	25—30	2—5	18—20

Строение ситовидных клеток внешне одинаково — это прозенхимные клетки с заостренными концами. На радиальных стенках клеток сосредоточено по 160—200 эллипсовидных ситечек. Параметры ситовидных элементов обеих лиственниц колеблются значительно, однако различия средних значений у названных видов достоверны.

Флоэмные лучи однорядные, многослойные. Насыщенность ими флоэмы в середине ствола примерно одинакова у обоих видов и равна 30—40 шт. на 1 мм² тангентального среза флоэмы. Некоторые лучи содержат горизонтальные смоляные ходы. На поперечном срезе флоэмы лучи, в результате деформации флоэмы, отклоняются от первоначального направления и становятся извилистыми.

Аксиальная паренхима лиственниц представлена 2—3 тангентальными прослойками в каждом годичном слое. У даурской лиственницы во вторичной флоэме ствола наблюдается значительно большее количество кристаллоносной паренхимы, чем у сибирской (18—20 клеток на 1 мм² тангентального среза).

Изолированные шаровидные смоловместилища во вторичной флоэме обеих лиственниц встречаются очень редко, значительно больше образуется округлых расширений смоляных ходов лучей.

У исследованных видов волокнистые склереиды вторичной флоэмы чрезвычайно похожи, длина их колеблется от 400 до 1800 мк, диаметр составляет 60—80 мк. Расположены они более или менее четко

выраженными тангентальными прослойками вместе с паренхимными клетками. Генетически волокнистые склереиды и тяжи аксиальной паренхимы взаимосвязаны: они откладываются одними и теми же инициалями. Но часть веретеновидных клеток делится поперечными перегородками и превращается в тяж паренхимы, часть превращается в волокнистые склереиды. Количественная характеристика элементов коры исследованных лиственниц приведена в табл. 2.

Таким образом, у даурской и сибирской лиственниц различия в анатомическом строении коры выражены более четко, чем в строении древесины. Эти различия касаются гистологического состава перидермы, количественного участия отдельных тканей в составе коры. Кора молодых побегов в диагностическом отношении более показательна, чем кора стволовой части.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Будкевич Е. В. Анатомическое строение древесины видов *Larix* в связи с их систематикой. — «Ботанический журнал», 1956, 41 (1). [2]. Дылис Н. В. Сибирская лиственница. М., МОИП, 1947. [3]. Дылис Н. В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока. М., изд-во АН СССР, 1961. [4]. Еремин В. М. Анатомическая структура коры курильской и ольгинской лиственниц. — В сб. трудов ДальНИИЛХа «Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока», «Лесная промышленность», 1973. [5]. Еремин В. М. Анатомическая структура коры хвойных древесных пород Дальнего Востока. Дис. на соиск. учен. степени канд. биологич. наук. Воронеж, 1972. [6]. Лотова Л. И. О смоловыделительной системе коры лиственниц. — Вестник МГУ «Биология, почвоведение», 1970, № 5. [7]. Лотова Л. И. Сходство и различия в анатомической структуре коры лиственницы, ели, лжетсуги. — Вестник МГУ «Биология, почвоведение», 1970, № 6. [8]. Михайленко М. А. Межклетники первичной коры побегов лиственницы. — Изв. Воронежского гос. пед. института, 1970, т. 112. [9]. Михайленко М. А., Дерюжкин Р. И. Развитие и строение покровных тканей у лиственницы. — Изв. Воронежского гос. пед. института, 1970, т. 112. [10]. Соколов С. Я., Связева О. А. География древесных растений СССР. М.—Л., «Наука», 1965. [11]. Сукачев В. Н. К истории развития лиственниц. Лесное дело. 1924. [12]. Тахтаджян А. Л. Высшие растения, ч. 1. М.—Л., изд. АН СССР, 1956. [13]. Chang Ying-pe. Bark Structure of North American Conifers. — U. S. Dep. of agriculture Technical Bulletin, 1954, № 1095. [14]. Holdheide W. Anatomie mitteleuropäischer Geholzrinden. — In: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. B. V, t. 1. F. am M. [15]. Moeller J. Anatomie der Baumrinden. Berlin, 1882. [6]. Srivastava L. Anatomy, chemistry and physiology of bark. — «International review of forestry research», vol. I. New-York — London, 1964. [17]. Wattendorff J. Feinbau und Entwicklung der verkorten calciumoxalat-Kristallzellen in der Rimde von *Larix decidua* Mill. — «Z. Pflanzenphysiol», 1969, 60, № 4.

Поступила 1 апреля 1974 г.

УДК 581.1

КУЛЬТУРА in vitro ИЗОЛИРОВАННЫХ КОРНЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*Quercus robur* L.)

Т. С. МОМОТ, А. А. ЯЦЕНКО-ХМЕЛЕВСКИЙ, А. М. СМИРНОВ
Ленинградская лесотехническая академия

Изолированные корни дуба черешчатого, взятые от стерильных проростков, выращивали на модифицированной среде Сланкиса с 6%-ной сахарозой и сульфатной формой железа. Корни выращивали в темноте при 23—24°С. Обнаружена высокая интенсивность роста у первично изолированных корней дуба (27 мм в сутки); весьма высока интенсивность роста и у пассированных корней (13 мм в сутки).

Одна из актуальных задач лесного хозяйства — разработка эффективных систем для изучения физиологии питания, обмена и роста

корней древесных растений. К числу таких систем относится культура изолированных корней.

Сущность данного метода состоит в том, что кончики корней проростков из простерилизованных семян выращивают на синтетических питательных стерильных средах, содержащих все необходимые для роста и развития компоненты.

В проявлении биосинтетических и обменных процессов, протекающих в изолированных корнях и корнях целых растений, существует определенное сходство. Поэтому метод культуры изолированных корней является весьма удачной модельной системой для изучения физиологии корневых систем в строго контролируемых условиях при отсутствии надземных органов и микроорганизмов ризосферы [5], [6].

Нами были получены культуры изолированных корней сосны обыкновенной, ели европейской и березы пушистой и изучен метаболизм аминокислот в них [1—4].

Цель данной работы — испытание способности к росту в стерильной культуре изолированных корней дуба черешчатого.

Семена урожая 1973 г. были собраны в Лужском лесхозе Ленинградской области. Для получения стерильных проростков семена предварительно освобождали от твердой оболочки, обмывали мыльной пеной и горячей водой, ополаскивали несколько раз водопроводной и один раз дистиллированной водой, после чего обрабатывали концентрированным пергидролем при периодическом встряхивании в колбе в течение 45 мин. Затем их несколько раз промывали стерильной водой.

Семена выращивали на водном 2%-ном агаре в конических колбах емкостью 250 мл (в каждой колбе по 100 мл водного агара), в темноте в течение 1,5 недель. После этого от корней стерильных проростков отрезали кончики длиной 20—30 мм и помещали в колбы (емкостью 250 мл) с жидкой питательной средой (по 100 мл в каждой). Для выращивания корней использовали модифицированную нами питательную среду Сланкиса [3]. Сахарозу вводили в среду в 6%-ной концентрации. Железо использовали в форме сульфата $Fe_2(SO_4)_3$, в эквивалентных дозах, соответствующих 0,34 мг/л Fe. Сахарозу и железо вводили непосредственно перед автоклавированием среды, а остальные компоненты брали из запасных растворов. Питательные среды стерилизовали автоклавированием при 1 атм в течение 20 мин; посуду и инструменты стерилизовали в сушильном шкафу при температуре 140—150°С.

Корни выращивали в термостате при 23—24°С, в темноте. Повторность опытов во всех случаях была десятикратная или двадцатикратная. Наблюдения за ростом корней проводили еженедельно, а прирост измеряли ежемесячно. Результаты учитывали в конце опыта путем подсчета числа образовавшихся боковых корешков, измерения их суммарной длины, определения сырого веса и среднесуточного прироста корней. Средние данные во всех опытах приведены в расчете на один корень.

Через неделю после изолирования проростков на них появились боковые корешки длиной по 10—13 мм. Изолированный корень к этому времени начинал темнеть; особенно темной становилась базальная часть корня, в то время как апикальная часть оставалась белой.

Прирост изолированных корней дуба черешчатого, находящихся в культуре одну неделю:

общая длина боковых корней	64,3 мм;
число боковых корней	6,2;
среднесуточный прирост корней	9,1 мм.

Через 3—4 недели на боковых корнях первого порядка образовывались боковые второго порядка, на которых, в свою очередь, возникали корни последующих порядков. К этому времени развитие боковых корней интенсивно подавляло рост главного корня. Поскольку корни дуба в течение 1—1,5 месяцев культивирования не имели четко выраженного апикального доминирования точки роста, критерием более точной характеристики изолированных корней мы считали их общий прирост, то есть суммарную длину всех образовавшихся боковых корней.

Прирост изолированных корней дуба черешчатого, находящихся в культуре 50 дней:

общая длина боковых корней	1377,3 мм;
количество боковых корней	85;
среднесуточный прирост корней	27,5 мм;
сырой вес	290,3 мг.

Полученные данные, особенно по среднесуточному приросту, свидетельствуют о высокой интенсивности роста корней дуба черешчатого в изолированной культуре при сравнении с аналогичными показателями роста изолированных корней других древесных растений [1—3], [5].

Были получены также пассированные корни дуба. Для этого брали изолированный корень, от образовавшегося на нем бокового корешка отрезали 1-сантиметровый кончик и помещали его в жидкую питательную среду Сланкиса. Через три недели на пассированном корне наблюдалось появление боковых корешков, которое было особенно интенсивным к 1—1,5 месяцам роста.

Прирост пассированных корней дуба черешчатого, находящихся в культуре 50 дней:

общая длина боковых корней	650,3 мм;
количество боковых корней	28;
среднесуточный прирост корней	13,1 мм.

Из полученных данных видно, что интенсивность роста пассированных корней в два раза уступает росту первично изолированных корней. Однако среднесуточный прирост пассированных корней дуба черешчатого весьма высок для культуры изолированных корней древесных растений [1—3], [5].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Момот Т. С. Культура изолированных корней как метод исследования в физиологии древесных растений. — Тезисы докладов III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений. Уфа, 1970. [2]. Момот Т. С. Особенности роста и метаболизма аминокислот изолированных корней хвойных в стерильной культуре. Автореф. канд. дис. Л., 1973. [3]. Момот Т. С., Смирнов А. М., Яценко-Хмелевский А. А. Особенности роста изолированных корней ели европейской (*Picea abies* Karst.) в стерильных условиях. — Изв. АН СССР, сер. биологическая, 1972, № 5. [4]. Момот Т. С., Яценко-Хмелевский А. А. Изолированная культура корневых тканей березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.).— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 3. [5]. Смирнов А. М. Рост и метаболизм изолированных корней в стерильной культуре. М., «Наука», 1970. [6]. Уайт Ф. Р. Культура растительных тканей. М., ИЛ, 1949.

Поступила 3 февраля 1975 г

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 631.548.82

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОДЕФЛЯЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В СУХОЙ СТЕПИ

М. Е. ВАСИЛЬЕВ

Целиноградский сельскохозяйственный институт

Предложен метод расчета конструктивных параметров полезащитных лесополос для борьбы с дефляцией в сочетании с почвозащитной системой земледелия. Он основан на законах механики почвенных метелей, аэродинамических свойствах лесонасаждений и подстилающей поверхности (стерневой фон, отвальная вспашка), в тесном взаимодействии с которой лесополосы работают против дефляции. На безотвальных фонах с тяжелыми почвами лучшие результаты дают продуваемые (ажурно-продуваемые) насаждения, с легкими — ажурные, на отвальных фонах независимо от механического состава почвы — ажурные.

В условиях Северного Казахстана мелиоративно-защитный эффект полезащитных лесных полос проявляется наиболее ярко. Однако плотные насаждения, созданные по методу, шаблонно перенесенному в 30—40-е годы из европейской части Союза в районы целинных земель, не дали здесь должного агрономического эффекта, поскольку их конструкции не соответствовали основному назначению в сухой степи — борьбе с дефляцией и повышению влагообеспеченности полей главным образом за счет равномерного отложения снега. Это породило необоснованную недооценку лесонасаждений, ошибочное утверждение об их экономической невыгодности и дискредитировало идею защитного лесоразведения в целом. Появились противники полезащитного лесоразведения, игнорирующие достижения агролесомелиоративной науки. Внимание к ранее посаженным лесополосам упало, они стали гибнуть, что нанесло большой вред делу борьбы с засухами, дефляцией и обернулось колоссальным ущербом сельскому хозяйству. И, как ни странно, произошло это именно в той зоне страны, где полезащитное лесоразведение должно было бы получить наивысшее воплощение.

Почвозащитная система земледелия не решила всех проблем полеводства на целине, так как засуха и дефляция продолжают свое пагубное дело. В засушливые годы поднять урожайность зерновых выше 2—4 ц/га только агротехническими мерами не удается. Необходим комплекс мер, в том числе системы лесополос оптимальных конструкций. Возникают методические проблемы расчета и дифференцированного подбора наиболее эффективных конструкций полезащитных полос для борьбы с дефляцией с учетом агрономических фонов, то есть шероховатости подстилающей поверхности, механического состава почвы, способа ее основной обработки — отвальной с оборотом пласта или с оставлением стерни. Очень важен также вопрос об оптимальных размерах межполосных полей, на которых не проявлялась бы дефляция. Чтобы полнее понять механизм воздействия лесонасаждений как пространственных решеток на процесс дефляции, рассмотрим сначала некоторые вопросы физики метелей.

Всякая почвенная метель как форма проявления дефляции и частный случай гидродинамики полифазных потоков состоит из двух фаз: твердой (частицы почвы) и газообразной (воздух). Перенос частиц почвы начинается, когда

$$0{,}2V - kd = 1,$$

где k — коэффициент пропорциональности, равный $10^3\ с^{-1}$;
V — скорость ветра, м/с;
d — диаметр почвенных частиц, мм [3].

Критическая скорость начала переноса мелкозема

$$V = 1{,}97\sqrt{(k:C)\rho RSB}\ \text{м/с}, \qquad (1)$$

где $k = 0{,}07R$;
S — отношение плотности частицы к плотности воздуха;

$$B = [3(n+1)^2 - 4]^{-0{,}5},$$

n — косвенный показатель аэродинамических свойств почвенных частиц;
C — коэффициент пропорциональности;
ρ — плотность воздуха, кг/м^3;
R — радиус частицы.

Уравнение эродированности почвы имеет вид

$$Q = -1627{,}9 - 118{,}7K + 744{,}7V, \qquad (2)$$

где K — комковатость почвы.

Интенсивность переноса почвенной массы пропорциональна кинетической энергии ветра

$$J = 0{,}5kmV^2,$$

где k — коэффициент пропорциональности;
m — масса воздуха.

Поведение твердой фазы в метели характеризуется дифференциальным уравнением

$$U\frac{\partial N}{\partial x} + V_г\frac{\partial N}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}l\sqrt{b}\frac{\partial N}{\partial y} + a_1\frac{\partial N}{\partial y}, \qquad (3)$$

где U и $V_г$ — горизонтальная и вертикальная составляющие скорости;
x и y — продольная и поперечная координаты;
N — объемная концентрация твердой фазы в почвенной метели;
l — масштаб турбулентности метели, вызванной лесонасаждением;
b — безразмерный коэффициент;
a_1 — гидравлическая крупность частиц мелкозема в метели [5].

Почвенная частица испытывает аэродинамическое давление

$$F = 0{,}5C\rho\pi R^2V^2,$$

где C — коэффициент пропорциональности;
ρ — плотность воздуха, кг/м^3;
R — радиус частицы.

Интенсивность выпадения твердой фазы из метели описывается параболической кривой или уравнением

$$\Delta q = 0{,}153\,[(V_{\text{д. с.}} - 2{,}71)^3 - (V_{\text{п. с}} - 2{,}71)^3]\ \text{г}\cdot\text{см}^2/\text{мин}, \qquad (4)$$

где $V_{\text{д.с}}$ и $V_{\text{п.с}}$ — соответственно скорость метели до и после снижения ее лесонасаждениями.

Из приведенных выражений видно, что при прохождении через лесонасаждения (релаксация) параметры метели резко изменяются, так как скорость и структура турбулентности ветропотока претерпевают значительную метаморфозу. Как показали наши наблюдения (1956—1975 гг.), противодефляционные свойства лесонасаждений зависят в основном от строения их подкроновой части, поскольку вынос мелкозема идет за счет кинетической энергии воздушных струй припочвенного (пограничного) слоя. Ажурность (%) и поэтому ветропонижающие свойства подкронового пояса зависят от густоты посадки

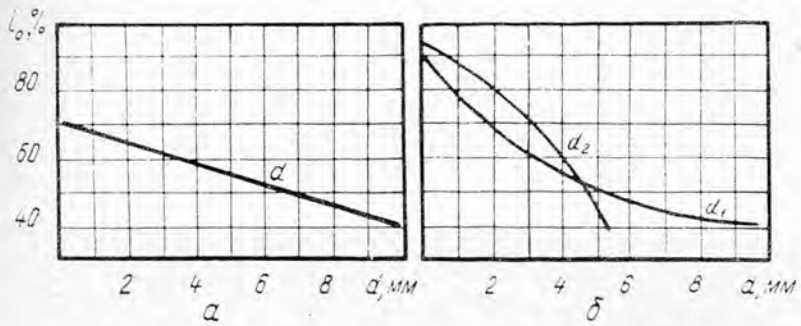


Рис. 1. Графическое выражение функции $i_0 = f(d)$ для решеток с параллельным (*а*) и перекрестным (*б*) расположением прутьев; d_1 и d_2 — соответственно диаметр вертикальных и горизонтальных прутьев. Деревянные решетки использовались в опытах как модели лесных полос

полос и диаметра стволов (рис. 1). При этом нужно учитывать, что стерневые фоны, сохраняющиеся при безотвальной обработке полей, также обладают определенными ветроломными свойствами. Например, при $V = 12$ м/с 100 стеблей стерни пшеницы на 1 м² снижают скорость ветра на высоте 5—10 см до 9,2 м/с, 300 шт. — до 5,5; 400 шт. — до 4,7 м/с, или в 2 с лишним раза. Уравнение регрессии (3) для расчета снижения V в стерне имеет вид

$$y_c = b_0 + b_1 h_c + b_2 S_c + b_3 V_c, \qquad (5)$$

где b_0, b_1, b_2 и b_3 — коэффициенты множественной регрессии;
h_c и S_c — соответственно высота стерни, см, и ее густота, шт./м²;
V_c — скорость ветра на высоте 0,5 м от поверхности земли, м/с.

Снижение скорости ветра в припочвенном слое можно рассчитать по предложенному нами уравнению

$$V_\eta = (-0{,}9 i_0 + 87)\%,$$

где i_0 — ажурность подкроновой части насаждения, %.

В среднем по всей длине ветровой тени снижение скорости ветра равно 0,5 V_η.

Дальность ветроломного влияния лесополос определяют по формуле

$$L = 0{,}5i\sqrt{hV}\sin\alpha + h\sqrt{V} \text{ м},$$

где h и α — соответственно высота насаждения, м, и угол атаки ветра.

Уравнение справедливо при $i \leqslant 65\%$. Тогда математическая модель суммарного тормозного аэродинамического эффекта (ТАЭ) в системе лесополоса — защищенное поле со стерней имеет вид

$$\Sigma V_{\eta} = [0{,}5(-0{,}9i_0 + 87) + (b_0 + b_1h_c + b_2S_c + b_3V_c)]\ \%. \qquad (6)$$

По специальным уравнениям [1], [4] на ЭВМ «Проминь-М» нами рассчитаны критические скорости ветра при дефляции для отвальной и безотвальной обработки полей с очень легкой по механическому составу почвой (табл. 1).

Таблица 1

d, мм	Скорость ветра, м/с			d, мм	Скорость ветра, м/с		
	V_{K_1}	V_{K_2}	V_{K_3}		V_{K_1}	V_{K_2}	V_{K_3}
Отвальная вспашка							
0,01—0,05	1,9	2,1	1,7	2,01—3,00	9,7	12,0	8,5
0,06—0,25	2,8	3,9	2,3	3,01—4,00	11,4	15,6	10,2
0,26—1,00	6,3	8,7	4,6	4,01—5,00	12,1	15,8	11,1
1,01—2,00	8,0	10,9	7,3	5,01—6,00	13,0	16,7	12,2
Безотвальная обработка							
0,01—0,05	2,0	2,5	2,0	2,01—3,00	11,9	15,1	10,0
0,06—0,25	3,4	4,1	3,6	3,01—4,00	12,8	17,9	13,3
0,26—1,00	7,2	9,7	6,3	4,01—5,00	13,6	18,4	15,6
1,01—2,00	10,3	11,8	8,5	5,01—6,00	16,2	20,0	17,7

Примечание. В Целиноградской области средняя продолжительность пыльных бурь около 500 ч в году, а при скорости ветра $V \geqslant 17$ м/с — свыше 5 ч.

Поскольку наиболее аэромобильны частицы почвы 0,1—1,0 мм (их в эоловых наносах 80—85%), на основании табл. 1 можно утверждать, что первой критической скоростью дефляции для отвальной зяби следует считать 4—5 м/с, для безотвальной 6—7 м/с. Это значит, что для предотвращения выноса мелкозема скорость ветра в припочвенном (пограничном) слое в целом по межполосному полю должна быть снижена до 4—5 м/с на отвальной вспашке и до 6—7 м/с на стерневых фонах. Ни стерня, ни лесополосы на обоих фонах обработки порознь не могут снизить скорость ветра ниже критической и гарантировать погашение дефляции (рис. 2). В соответствии с номограммой (рис. 3) этого можно достигнуть при помощи ажурной лесополосы в комплексе со стерней, то есть в порядке реализации их суммарного ТАЭ. В табл. 2 представлены результаты расчетов средней по всей длине ветровой тени скорости ветра на межполосном поле в зависимости от U, м/с, в открытой степи, то есть суммарный ТАЭ в системе лесополоса — защищенное поле со стерней.

Из уравнения $V_{\eta} = -0{,}9\ t_0 + 87$ и табл. 2 следует, что, например, снижение скорости ветра с 20 до 4—5 м/с (примерно в 4 раза) дает суммарный ТАЭ ажурных лесополос и стерни в результате бинарного (двойного) скачка (спада) скорости ветра: сначала на 50—60% она (входная в полосу скорость) снижается насаждением, а затем оставшаяся (выходная) еще раз снижается стерней почти на столько же

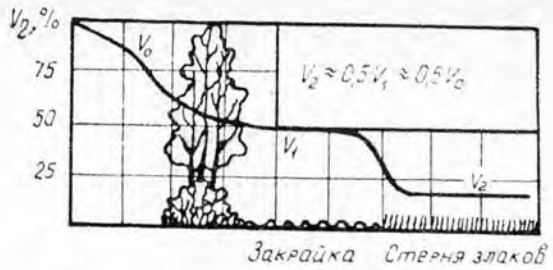


Рис. 2. Принципиальная схема объяснения суммарного ТАЭ в системе лесополоса — стерневой фон. Кривая изображает изменение скорости ветра в припочвенном слое на высоте 10 см.

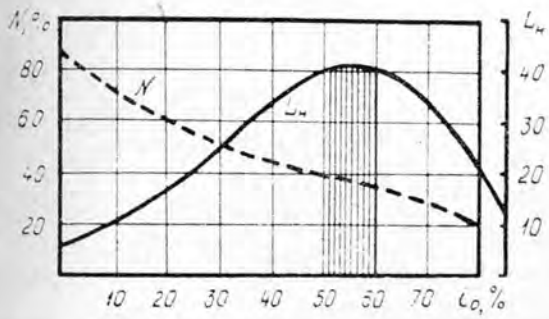


Рис. 3. Номограмма изменения скорости ветра N и длины ветровой тени лесных полос $L_н$ в зависимости от величины подкроновой ажурности лесонасаждений i_0.

(рис. 2). В итоге скорость становится докритической. Как показали анемометрические съемки, степень снижения скорости ветра в насаждении обратно пропорциональна величине ажурности, что видно при расчете V_η и из номограммы (рис. 3), по которой можно подобрать насаждение с такой ажурностью, чтобы достигалось снижение скорости ветра на нужную величину. При этом дается и длина ветровой тени.

Таблица 2

Конструкция лесополос	Ажурность, %		Скорость ветра на межполосном поле в зависимости от скорости в открытой степи, м/с				
	в кроне	между стволами	5	10	15	20	25
Ажурно-продуваемая	0—10	70—75	1,9	4,3	5,4	8,5	11,5
Продуваемая	0—5	70—75	1,8	4,1	5,6	7,9	12,3
Ажурная	15—20	30—40	1,2	2,0	3,7	4,8	6,0
Плотная	0—0	0—0	0,3	4,2	7,8	16,6	19,2

Таблица 3

Обработка почвы	Степень дефляции	Конструкция лесополос, количество рядов в них	Ажурность, %	
			между стволами	в кронах
Безотвальная	Очень слабая, слабая	Ажурно-продуваемая, продуваемая, 3—4	70—75	0—10
„	Средняя, сильная	Ажурная, 3 (1) — 4 (1)	30—40	15—20
Отвальная	Любая	Ажурная, 4 (1) — 5 (1)	20—25	10—15

Примечание. Цифры в скобках обозначают количество рядов кустарника в насаждениях. Схема размещения растений: $(1{,}5 \div 2) \times (3 \div 3{,}5)$ м. Лучшие в аэродинамическом отношении породы — тополь бальзамический, береза бородавчатая, вязы мелколистный и обыкновенный, ясень зеленый; кустарники — жимолость татарская, акация желтая, спирея, боярышник.

В итоге работ мы пришли к выводу о необходимости дифференцированного подбора противодефляционных лесополос в сочетании с агрофоном (табл. 3).

Как видно из табл. 2, наиболее высокими ветроломными свойствами в припочвенном слое (0—15 см) отличаются ажурные насаждения с просветами между стволами 30—40%, в кронах 15—20%, как компонент двухзвенной системы лесополоса — защищенное поле со стерней.

Выше отмечалось, что важным параметром оптимальных противодефляционных систем лесополос на пашне является размер межполосного поля, при котором обеспечивается полная сохранность почвы и посевов от дефляции. Важно не только подобрать насаждения, но и правильно разместить их на полях. Известно несколько уравнений для расчета ширины межполосных полей: Б. В. Дзетовецкий [2] предложил формулу

$$l = 3{,}61\ \frac{H^{-1{,}25} - m_л V_{max}}{V_0 - V_{max}}\ \text{м},$$

где H — высота лесополосы;
$m_л$ — ее густота;
V_{max} — максимально возможная скорость ветра;
V_0 — скорость ветра в открытой степи.

В. В. Звонков [4] вывел иное уравнение

$$B_м = H\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha_1} + \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha_2}\right),$$

где $\alpha_1 = 6{,}5°$; $\alpha_2 = 4{,}5°$.

Основной недостаток этих формул в том, что в них не отражены аэродинамические и конструктивные параметры, от которых в очень большой степени зависят противодефляционные особенности лесополос. Поэтому при расчете оптимальной ширины межполосных полей эти уравнения дают сильные искажения.

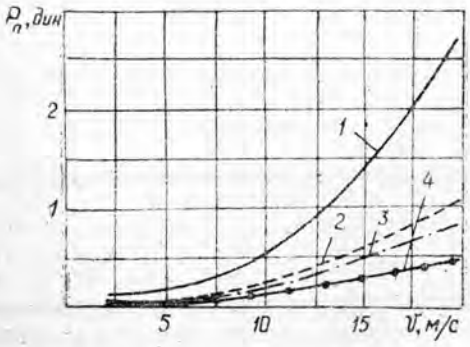


Рис. 4. Изменение подъемной силы ветра $P_п$, дин, под влиянием различных аэродинамических препятствий. Расчет по формуле

$$P_п = 0{,}392\ \lambda_ф \rho\ \operatorname{tg}\alpha_1\ v^2 d^2,$$

где $\lambda_ф$ — коэффициент формы частиц; ρ — плотность воздуха; α_1 — угол взлета частиц; v — скорость ветра; d — диаметр частиц ($d = 0{,}5$ мм).

1 — отвальная зябь; *2* — стерня зерновых культур; *3* — лесные полосы; *4* — лесонасаждения + стерня пшеницы (система «лесная полоса — стерневой фон»).

Нами предложен графо-аналитический метод определения оптимальных размеров межполосных полей с легкими по механическому составу почвами. В его основе лежат четыре показателя: высота лесополос, их аэродинамические свойства, максимально возможная скорость ветра и механический состав почвы. Зная критическую скорость ветра при дефляции, степень снижения скорости ветра насаждениями

в пределах аэродинамической тени (рис. 3), нетрудно судить о возможности выноса мелкозема (рис. 4). При этом следует иметь в виду, что оптимальная ширина межполосного поля для отвальной и безотвальной обработки почвы будет неодинакова вследствие действия суммарного ТАЭ на стерневых фонах (табл. 4).

Таблица 4

Степень дефляции	Ширина межполосного поля, м		Площадь межполосного поля, га	
	Отвальная вспашка	Безотвальная обработка	Отвальная вспашка	Безотвальная обработка
Слабая	350	400	35—70	40—80
Средняя	300	350	30—60	35—70
Сильная	250	300	25—50	30—60
Очень сильная	200	250	20—40	25—50
Исключительно сильная	100	150	10—20	15—30

Примечание. Расчетная ширина поля округлена до 50 м.

Поскольку в сухой степи Казахстана основные полезащитные полосы располагают под углом 90—70° к эрозионноопасным юго-западным ветрам и длинная сторона межполосных полей ориентирована параллельно северо-западным или юго-восточным ветрам, не вызывающим дефляции, то длина межполосных клеток может быть принята в зависимости от механического состава почвы от 1 до 2 км.

С учетом ширины и оптимальная площадь межполосных полей, на которых не проявляется дефляция, будет различна, что видно из табл. 4. Поэтому защитная лесистость пашни и процент ее трансформации под лесонасаждения будут также неодинаковы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андрейчук А. Л. Расчет оптимальной скорости ветра при ветровой эрозии.— «Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана», 1974, № 11. [12]. Дзетовецкий Б. В. Ветровая эрозия, ее предупреждение и борьба с ней. — «Почвоведение», 1948, № 2. [3]. Духнов Н. А. Основные закономерности формирования пылеветрового потока. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. сельскохоз. наук. Алма-Ата, 1973. [4]. Звонков В. В. Водная и ветровая эрозия земли. М., 1963. [5]. Усков И. Б., Литвина И. В., Инприс И. Б. Взаимодействие запыленного потока с лесополосами. — «Лесное хозяйство», 1974, № 3.

Поступила 26 февраля 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 631.331

О ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УСИЛИЙ ОТ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНЫХ ПЯТОЧНЫХ И КОРОБЧАТЫХ СОШНИКОВ

Ф. В. ПОШАРНИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Приводится графический и табличный способы анализа функциональной зависимости усилий анкерных пяточных и коробчатых сошников от их угловых параметров. Эти способы позволяют оценить изменение тягового усилия, выраженного через горизонтальную и вертикальную составляющие, при изменении угла вхождения сошника α и заострения 2Θ.

Анкерные сошники с достаточно четко выраженными передними и боковыми гранями (сошники пяточные и коробчатые, например, сеялок СПН-4, СЛП, ССЛН-1 и др.) могут быть смоделированы и представлены в виде двугранного клина, симметрично расположенного относительно продольной оси и наклоненного под некоторым углом вхождения α к горизонтальной плоскости. Боковые щеки сошника могут быть обозначены в виде плоскостей, примыкающих к такому клину (рис. 1). Такое моделирование применялось неоднократно [1], [2]. Оно применимо при статическом анализе сил, когда динамическое воздействие на рабочий орган невелико (для агрегатов, работающих при скоростях до 5—6 км/ч).

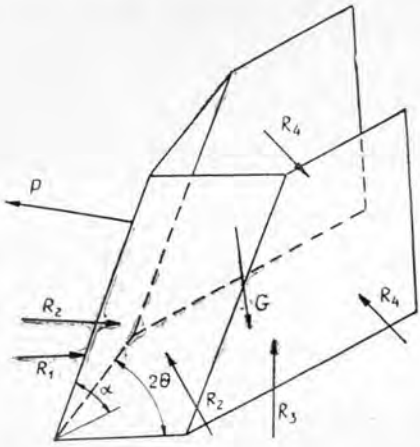


Рис. 1. Схема распределения усилий коробчатого сошника.

Усилия R_1, R_2, R_3 и R_4 могут быть выражены через нормальные силы N и силы трения F [3], а сила тяги P — через горизонтальную $P_г$ и вертикальную $P_в$ составляющие. В конечном итоге [1] могут быть получены такие зависимости:

$$P_в + N_3 = G + N_1(\cos\alpha - \sin\alpha \operatorname{tg}\varphi) + \rho ab(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\varphi); \qquad (1)$$

$$P_г = N_1(\sin\alpha + \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi) + \rho ab\Big[1 + \operatorname{tg}\varphi \frac{\sin^3\Theta + \cos^2\Theta(\sin^2\Theta + \operatorname{tg}^2\alpha)}{\sin\Theta \operatorname{tg}\alpha \sqrt{\sin^2\Theta + \operatorname{tg}^2\alpha}}\Big] + N_3 \operatorname{tg}\varphi + 2\rho' ab \operatorname{tg}\varphi, \qquad (2)$$

здесь G — вес сошниковой системы;
α — угол вхождения сошника;
2Θ — угол заострения сошника;

φ — угол трения почвы о поверхность сошника;
a — глубина хода сошника;
b — ширина сошника;
N_1 — давление на переднее ребро сошника;
N_3 — давление на нижние обрезы;
ρ — удельное давление почвы на боковые грани;
ρ' — удельное давление почвы на щеки сошника.

Анализ этих довольно сложных зависимостей можно облегчить, выделив ряд их элементов в виде самостоятельных функций,

$$f_1(\alpha, \varphi) = \sin\alpha + \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi, \tag{3}$$

$$f_2(\alpha, \varphi) = \cos\alpha - \sin\alpha \operatorname{tg}\varphi; \tag{4}$$

$$f_3(\alpha, \Theta, \varphi) = \operatorname{tg}\varphi \frac{\sin^3\Theta + \cos^2\Theta(\sin^2\Theta + \operatorname{tg}^2\alpha)}{\sin\Theta \operatorname{tg}\alpha \sqrt{\sin^2\Theta + \operatorname{tg}^2\alpha}}. \tag{5}$$

Функция f_1 является функцией двух переменных. Следовательно, в прямоугольных координатах она изображается пространственной поверхностью. Для упрощения графического исследования построим график этой функции в зависимости только от α при некоторых определенных значениях φ (рис. 2).

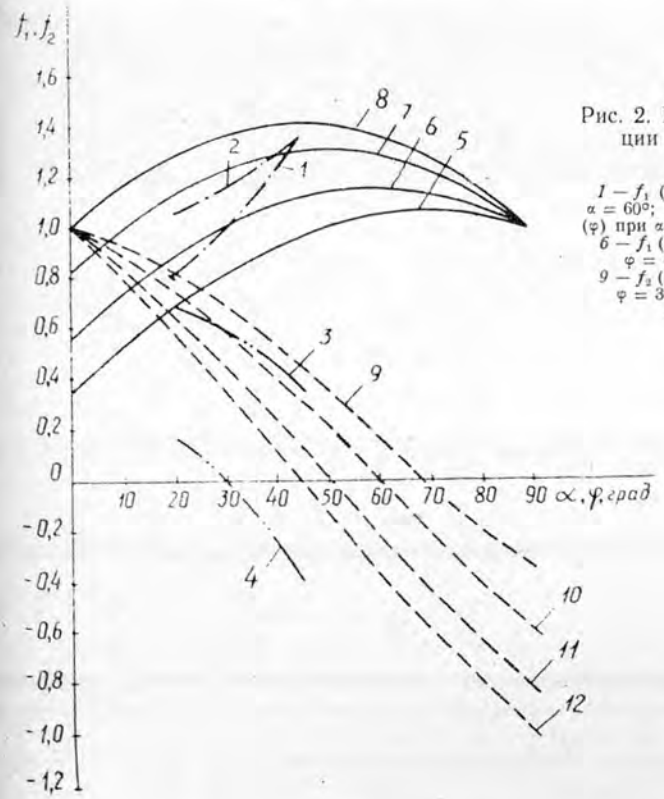


Рис. 2. График зависимости функции от угловых параметров сошника.

1 — $f_1(\varphi)$ при $\alpha = 30°$; *2* — $f_1(\varphi)$ при $\alpha = 60°$; *3* — $f_2(\varphi)$ при $\alpha = 30°$; *4* — $f_2(\varphi)$ при $\alpha = 60°$; *5* — $f_1(\alpha)$ при $\varphi = 20°$; *6* — $f_1(\alpha)$ при $\varphi = 30°$; *7* — $f_1(\alpha)$ при $\varphi = 40°$; *8* — $f_1(\alpha)$ при $\varphi = 45°$; *9* — $f_2(\alpha)$ при $\varphi = 20°$; *10* — $f_2(\alpha)$ при $\varphi = 30°$; *11* — $f_2(\alpha)$ при $\varphi = 40°$; *12* — $f_2(\alpha)$ при $\varphi = 45°$.

Этот график легко поддается анализу и позволяет раскрыть зависимость тягового сопротивления сошника от угловых параметров α и φ. Тяговое сопротивление сошника увеличивается при возрастании силы N_1 только до определенных значений α. С дальнейшим

повышением α значение $N_1 f_1$ в формуле (2) уменьшается, а следовательно, понижается и P_2.

Из графика на рис. 2 также ясно видно влияние угла трения φ. Предельные значения функции $f_1(\alpha)$ снижаются с уменьшением угла φ и сдвигаются в сторону бо́льших значений углов α. Наибольшее влияние угла α наблюдается при его значениях 30—50°. При $\alpha = 50 \div 90°$ его изменение мало влияет на тяговое сопротивление сошника, особенно при небольших углах φ.

Влияние угла трения φ функции $f_1(\varphi)$ (при $\alpha = \text{const}$) наиболее резко при небольших углах α; при бо́льших углах оно более плавное (при $\alpha = 90°$, $f_1(\varphi) = \text{const} = 1$).

На рис. 2 дано и графическое изображение функции f_2. Зависимости функции f_2, так же как и f_1, с целью упрощения графического анализа характеризуются изменением только одного параметра, α или φ при определенных постоянных значениях другого.

При различных углах трения φ с увеличением угла α значение $N_1 f_2$ в формуле (1) уменьшается и, следовательно, уменьшается сила $P_в$. Из этого можно сделать вывод, что устойчивость работы сошников определяется правильным выбором углов α. Уменьшение значения $N_1 f_2$, а следовательно, и $P_в$, происходит также и с увеличением угла φ. Это неоднократно подтверждено результатами экспериментальных исследований различных типов рабочих органов, когда с увеличением коэффициентов трения $f = \operatorname{tg}\varphi$ ухудшается устойчивость хода рабочих органов.

Наиболее сложно анализировать влияние компонентов в функции f_3 — функции трех переменных. Графический анализ этой функции в общем виде невозможен, поскольку в пространстве она может образовываться только гиперповерхностями. Упрощение графического анализа постепенной заменой отдельных переменных компонентов функции на постоянные сделает такой анализ громоздким и недостаточно наглядным. В этом случае можно рекомендовать табличный метод анализа.

Учитывая, что при изучении сошников часто наиболее важно выявить влияние угловых параметров α и Θ, можно задаться определенным значением φ.

Для примера проанализируем табл. 1, характеризующую влияние углов α и Θ на тяговое сопротивление, составленную для значений $\varphi = 45°$ ($\operatorname{tg}\varphi = 1$).

Таблица 1

$\Theta°$	Тяговое сопротивление при $\alpha°$			
	50	60	70	80
15	3,71	3,67	3,66	3,63
20	2,81	2,73	2,65	2,63
25	2,09	2,04	2,01	1,99
30	1,65	1,59	1,55	1,53
35	1,31	1,24	1,20	1,16
45	0,81	0,75	0,72	0,69

Из таблицы можно видеть, что изменение угла вхождения α на тяговое сопротивление сошника влияет незначительно, в отличие от влияния этого угла на устойчивость хода сошников. Наблюдается некоторое уменьшение тягового сопротивления при увеличении α.

Более резко на тяговое сопротивление влияет угол заострения Θ.

С увеличением угла Θ тяговое сопротивление уменьшается. Это характерно для всех значений угла α.

Когда исследованию подвергаются лишь значения угловых параметров, можно и для функции типа f_3 применить графический метод (например, если $\alpha = 60° = \text{const}$ и изменяется только угол Θ).

Таким образом, применяя в зависимости от вида промежуточных функций f_1, f_2, f_3 комбинированный графический или табличный способ анализа выражений типа (1) и (2), можно во многих случаях довольно четко проследить влияние угловых параметров сошников на усилия, влияющие на тяговое сопротивление и устойчивость хода.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Пошарников Ф. В. Силовой анализ сошника для широкострочного посева лесных семян в питомниках. — В сб.: Вопросы механизации лесохозяйственных работ. Воронеж, 1969. [2]. Семенов А. П., Левенец В. Н. Влияние конструктивных углов сошника на его тяговое сопротивление. — Труды Кишиневского СХИ, т. XXXIII. Кишинев, 1964. [3]. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. М., 1965.

Поступила 31 марта 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.2.001.2 : 531

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ПАКЕТА ХЛЫСТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Б. В. БИЛЫК, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО

Львовский лесотехнический институт

Предложена методика составления и выбора параметров расчетной схемы пакета хлыстов, трелюемых в полупогруженном состоянии.

Пакет хлыстов представляет собой упругую систему с распределенными параметрами. Отсутствие приемлемой методики математического моделирования этой системы усложняет теоретические исследования вертикальных колебаний трелевочного трактора. Основной способ упрощения упругой системы с распределенной массой — замена ее упругой системой с сосредоточенными массами [1], [2]. Критерием эквивалентности служит частота основной формы колебаний. Однако математическая модель должна обеспечивать соответствие значений не только основной частоты модели и реальной системы, но и более высоких частот, которые находятся в диапазоне частот вынужденных колебаний. Поэтому при замене упругой системы с распределенной массой системой с сосредоточенными массами должны быть выполнены следующие требования:

1) сумма масс модели равна распределенной массе реальной системы;

2) центр тяжести модели совпадает с центром тяжести реальной системы;

3) момент инерции масс модели относительно центра тяжести равен моменту инерции реальной системы относительно той же точки;

4) собственные частоты реальной системы и ее модели в диапазоне частот вынужденных колебаний одинаковы;

5) формы колебаний реальной системы и модели на указанных частотах совпадают.

Перечисленные требования приводят к системе уравнений, которые для модели с конечным числом дискретных масс не имеют общего решения. В связи с этим возникает необходимость приближенного решения указанной системы уравнений и, следовательно, допущения некоторого несоответствия между динамическими свойствами расчетной модели и реальной системы. Выполненные нами теоретические исследования показали, что если дискретные массы модели размещать в узлах $\vartheta + 1$-й формы колебаний реальной системы (где ϑ — количество форм колебаний расчетной модели), то последние четыре требования полностью выполняются. Погрешность в этом случае возникает только в определении полной массы модели и зависит от законов распределения параметров реальной системы и количества сосредоточенных масс модели.

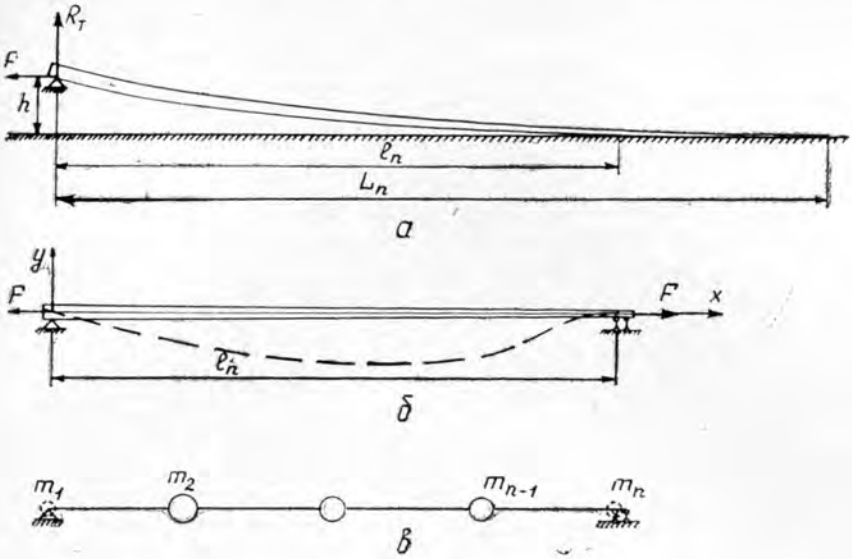


Рис. 1.

Таким образом, при составлении колебательной модели, эквивалентной полупогруженному пакету хлыстов, необходимо располагать данными об основной частоте, а также о тех частотах и главных формах колебаний хлыстов, которые лежат в диапазоне частот вынужденных колебаний трелевочного трактора. Проведенные нами экспериментальные исследования позволили установить главные формы колебаний полупогруженных хлыстов. При этом было выявлено, что центр давления хлыста на волок смещается относительно своего статистического положения не более чем на 0,8 м, то есть не более 5% от длины приподнятой части хлыста. Часть хлыста, которая находится в соприкосновении с поверхностью волока, в низкочастотных колебаниях хлыста не участвует, а воспринимает лишь вибрации (30 гц и выше). Все это позволило разработать относительно простую методику аналитического определения главных форм колебаний хлыста. Рассматривая схему полупогруженного хлыста в виде двухопорной балки переменного сечения с расстоянием между опорами l, равным длине приподнятой части хлыста (рис. 1, *б*), можно записать уравнение свободных колебаний хлыста [3]

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(EI\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}\right) - m\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + F\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0, \qquad (1)$$

где y — прогиб хлыста;
E — модуль упругости при изгибе древесины хлыста;
I — момент инерции поперечного сечения хлыста;
m — неравномерно распределенная масса хлыста;
F — продольное растягивающее усилие, обусловленное сопротивлением перемещению хлыста по волоку.

Граничные условия можно представить в виде

$$M_{x=0} = 0; \quad y_{x=0} = 0; \quad \alpha_{x=l} = 0: \quad y_{x=l} = 0, \qquad (2)$$

где M_x — изгибающий момент в сечении x;
y_x — прогиб балки в сечении x;
α_x — угол поворота сечения x.

При определении на ЭЦВМ собственных частот и форм колебаний хлыстов, трелюемых в полупогруженном состоянии, мы использовали метод О. Н. Майклстеда [3]. Расхождения между теоретическими и экспериментальными значениями частот не превышали 5%. Расчеты проводили для ряда хлыстов ели, лиственницы и сосны II, III разрядов высоты диаметром на высоте груди $d_{1,3} = 18 \div 50$ см. Найденный нами экспериментально модуль упругости древесины хлыстов составлял $E = (0{,}1 \div 0{,}2) \cdot 10^6$ кгс/см^2, а удельный вес $\gamma = 600 \div 900$ кгс/м^3. Длину приподнятой части хлыста при заданных значениях высоты погрузочного устройства трактора $h = 0{,}6 \div 1{,}8$ м определяли по уравнениям, полученным нами при исследовании статики полупогруженных хлыстов:

при трелевке комлем вперед

$$l_к = 3{,}14 d_{1,3}^{0,483} h^{0,193} E^{0,160} \gamma^{-0,133} e^{0,045f}, \tag{3}$$

при трелевке вершиной вперед

$$l_в = 0{,}689 d_{1,3}^{0,449} h^{0,280} E^{0,269} \gamma^{-0,285} e^{0,185f}, \tag{4}$$

где f — коэффициент сопротивления перемещению хлыста.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что свободные частоты полупогруженных хлыстов без учета сил сопротивления перемещению могут быть определены (с максимальной погрешностью до 12%) по формуле

$$\omega_i = c_i \frac{d_{1,3}}{l^2} \sqrt{\frac{Eg}{\gamma}}, \tag{5}$$

где c_i — постоянные коэффициенты (табл. 1);

i — номер формы собственных колебаний ($i = 1, 2, 3$).

Таблица 1

Номер формы собственных колебаний хлыста	Значения коэффициентов c_i при трелевке хлыста	
	комлем вперед	вершиной вперед
1	2,96	3,00
2	10,43	9,13
3	21,90	18,67

Проведенные нами исследования позволили также установить, что при приложении к полупогруженному хлысту продольной силы F, вызванной сопротивлением перемещению, значения собственных частот и формы колебаний изменяются несущественно. Последнее объясняется тем, что продольная сила, наряду с увеличением жесткости хлыста, вызывает увеличение расстояния между его опорами. Поэтому при разработке модели хлыста, трелюемого в полупогруженном состоянии, продольные силы можно не учитывать.

Таким образом, можно заключить, что значения собственных частот трелюемого хлыста в основном определяются его физико-механическими характеристиками (E и γ) и высотой h погрузочного устройства трактора.

Диаметр хлыста $d_{1,3}$ не оказывает существенного влияния на значения собственных частот, поэтому при разработке модели можно воспользоваться параметрами хлыста с наиболее вероятными таксационными характеристиками.

В результате проведенных расчетов и экспериментальных исследований в диапазоне частот вертикальных колебаний трелевочных тракторов $\omega = 0 \div 100$ с$^{-1}$ выявлены только три собственные частоты полупогруженных хлыстов. Если количество частот модели удовлетворяет заданному диапазону частот вынужденных колебаний реальной системы, то точность модели, как указано выше, может быть оценена по погрешности полной массы модели. Проведенные расчеты показали, что ошибка в установлении величины массы модели полупогруженного хлыста с увеличением числа n сосредоточенных масс быстро уменьшается и при $n \geqslant 6$ составляет $\nu \leqslant 0{,}9\%$ (табл. 2). Исходя из требуемой точности исследования вертикальных колебаний трелевочного трактора, с помощью данных табл. 2 и частотного диапазона вынужденных колебаний можно определить необходимое количество сосредоточенных масс модели трелюемого хлыста (рис. 1, *в*).

Таблица 2

Количество сосредоточенных масс n	3	4	5	$\geqslant 6$
Относительная погрешность модели ν, %	21,0	9,3	3,2	$\leqslant 0{,}9$

На основании изложенной методики нами разработаны трехчетырех- и пятимассовая модели полупогруженного хлыста при различных значениях длины l его приподнятой части (табл. 3, 4). Кроме частот и масс модели, в таблице приведены значения коэффициентов влияния δj_k упругих смещений масс модели, которые необходимо знать при составлении уравнений колебательного движения полупогруженного хлыста. Значение массы $m_{j=n}$ не приводится, так как она в колебательном движении модели не участвует. В качестве модельного взят хлыст ели II разряда высоты, диаметром на высоте груди $d_{1,3} = 26$ см и объемом $V = 0{,}620$ м^3. Величина модуля упругости древесины хлыста принята равной $E = 1{,}3 \cdot 10^5$ кгс/см^2, а величина удельного веса — $\gamma = 800$ кгс/м^3. Масса, жесткость и квадрат собственной частоты соответственно линейно зависят от модуля упругости и удельного веса, поэтому для хлыста с другими значениями $\overline{E}$ и $\overline{\gamma}$ их можно найти из выражений

$$\overline{m}_j = \frac{\overline{\gamma}}{\gamma} m_j; \tag{6}$$

$$\overline{\delta}_{jk} = \frac{E}{\overline{E}} \delta_{jk}; \tag{7}$$

$$\overline{\omega}_i^2 = \frac{\overline{E}\gamma}{E\overline{\gamma}} \omega_i^2. \tag{8}$$

Таким образом, с помощью выражений (3), (4), (6), (7), (8) и данных табл. 3 и 4 можно легко определить значения параметров модели при произвольных физико-механических характеристиках хлыстов.

Трелюемые в полупогруженном состоянии хлысты контактируют между собой в большинстве случаев только комлями (при трелевке за комли) или только вершинами (при трелевке за вершины). При теоретическом изучении вертикальных колебаний трелевочного трактора пакет хлыстов можно представить в виде балки, момент инерции

Таблица 3

Параметры колебательной модели хлыста, трелюемого в полупогруженном состоянии комлем вперед

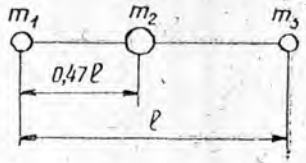
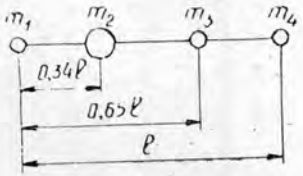
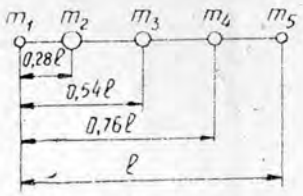
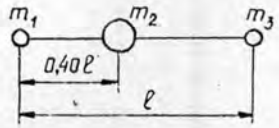
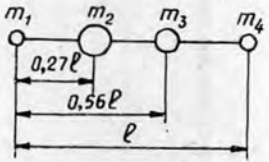
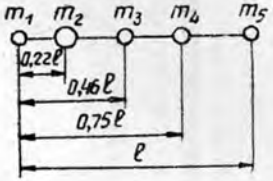
Тип модели	l, м	Собственные частоты, c^{-1}			Сосредоточенные массы, кгс²/м				Коэффициенты влияния, 10^{-3} м/кгс					
		ω_1	ω_2	ω_3	m_1	m_2	m_3	m_4	δ_{11}	δ_{22}	δ_{33}	$\delta_{12}=\delta_{21}$	$\delta_{13}=\delta_{31}$	$\delta_{23}=\delta_{32}$
	14	14,84	—	—	11,21	18,87	—	—	0,241	—	—	—	—	—
	15	12,55	—	—	11,66	19,78	—	—	0,321	—	—	—	—	—
	16	10,60	—	—	12,32	20,63	—	—	0,431	—	—	—	—	—
	17	8,89	—	—	12,87	21,44	—	—	0,590	—	—	—	—	—
	18	7,49	—	—	13,20	22,18	—	—	0,803	—	—	—	—	—
	19	6,38	—	—	13,75	22,88	—	—	1,074	—	—	—	—	—
	14	14,84	51,84	—	9,91	11,32	14,39	—	0,202	0,176	—	0,159	—	—
	15	12,55	44,02	—	10,37	11,84	15,05	—	0,264	0,243	—	0,214	—	—
	16	10,60	37,55	—	11,22	11,98	15,23	—	0,346	0,338	—	0,288	—	—
	17	8,89	32,11	—	11,72	12,53	15,92	—	0,467	0,493	—	0,409	—	—
	18	7,49	27,61	—	12,41	12,91	16,41	—	0,613	0,702	—	0,562	—	—
	19	6,38	23,91	—	13,06	12,98	16,51	—	0,810	0,998	—	0,780	—	—
	14	14,84	51,84	109,54	9,44	13,59	10,00	4,82	0,163	0,231	0,096	0,171	0,085	0,129
	15	12,55	44,02	89,44	9,93	14,24	10,48	5,05	0,213	0,312	0,134	0,230	0,115	0,176
	16	10,60	37,55	83,29	10,51	14,75	10,86	5,23	0,280	0,424	0,191	0,309	0,158	0,245
	17	8,89	32,11	68,46	11,07	15,19	11,18	5,39	0,372	0,588	0,297	0,421	0,233	0,366
	18	7,49	27,61	58,31	11,70	15,75	11,59	5,59	0,477	0,815	0,437	0,564	0,325	0,525
	19	6,38	23,91	52,44	12,23	15,95	11,74	5,66	0,621	1,114	0,657	0,754	0,463	0,757

Таблица 4

Параметры колебательной модели хлыста, трелюемого в полупогруженном состоянии вершиной вперед

Тип модели	l, м	Собственные частоты, c^{-1}			Сосредоточенные массы, $кгс^2/м$				Коэффициенты влияния, 10^{-3} м/кгс					
		ω_1	ω_2	ω_3	m_1	m_2	m_3	m_4	δ_{11}	δ_{22}	δ_{33}	$\delta_{12}=\delta_{21}$	$\delta_{13}=\delta_{31}$	$\delta_{23}=\delta_{32}$
	14	13,92	—	—	4,44	9,29	—	—	0,555	—	—	—	—	—
	15	12,45	—	—	4,95	10,40	—	—	0,621	—	—	—	—	—
	16	11,21	—	—	5,45	11,63	—	—	0,684	—	—	—	—	—
	17	10,06	—	—	5,94	12,98	—	—	0,762	—	—	—	—	—
	18	9,08	—	—	6,45	14,33	—	—	0,847	—	—	—	—	—
	19	8,30	—	—	7,00	15,70	—	—	0,926	—	—	—	—	—
	14	13,92	41,68	—	2,25	7,93	3,97	—	0,642	0,317	—	0,363	—	—
	15	12,45	37,54	—	2,40	10,16	5,08	—	0,719	0,345	—	0,396	—	—
	16	11,21	33,54	—	2,60	11,44	5,72	—	0,795	0,375	—	0,434	—	—
	17	10,06	30,11	—	2,86	12,70	6,35	—	0,879	0,426	—	0,491	—	—
	18	9,08	27,29	—	3,03	13,75	6,87	—	0,981	0,490	—	0,545	—	—
	19	8,30	25,00	—	3,11	15,08	7,54	—	1,074	0,532	—	0,604	—	—
	14	13,92	41,68	82,66	1,59	2,82	7,42	8,46	0,608	0,475	0,076	0,455	0,118	0,147
	15	12,45	37,54	76,16	1,68	3,17	8,35	9,52	0,682	0,522	0,085	0,503	0,132	0,165
	16	11,21	33,54	69,28	1,93	3,56	9,38	10,70	0,759	0,574	0,090	0,552	0,140	0,175
	17	10,06	30,11	62,05	2,12	3,91	10,30	11,75	0,846	0,650	0,106	0,621	0,162	0,202
	18	9,08	27,29	57,45	2,27	4,34	11,42	13,03	0,947	0,713	0,117	0,692	0,181	0,223
	19	8,30	25,00	50,01	2,37	4,73	12,47	14,23	1,030	0,786	0,129	0,759	0,199	0,244

поперечного сечения которой равен сумме моментов инерции поперечных сечений хлыстов, а масса равна сумме масс хлыстов. Определение параметров модели пакета хлыстов с помощью изложенной методики не вызывает затруднений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Богуславский П. Е. Металлические конструкции грузоподъемных машин и сооружений. М., Машгиз, 1961. [2]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967. [3]. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М., «Наука», 1967.

Поступила 10 декабря 1973 г.

УДК 629.1

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

А. В. ЖУКОВ
Белорусский технологический институт

Рассматривается новая расчетная модель лесовозного автопоезда, учитывающая нелинейность подвески его осей и некоторые другие, не учитываемые ранее факторы. Дан пример ее использования для автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803.

Лесовозный автопоезд — многомассовая динамическая система со многими степенями свободы. Учет даже основных из них приводит к системе дифференциальных уравнений, имеющей не менее четырех—пяти степеней свободы [2]. Решение их весьма трудоемко, и наиболее приемлемы численные методы решения на ЭЦВМ.

В целях доведения точности расчета вертикальных колебаний до уровня, близко соответствующего экспериментальным замерам, нами совместно с Минским автозаводом составлена динамическая модель лесовозного автопоезда, учитывающая некоторые факторы, ранее не принимавшиеся во внимание.

Расчетная схема для исследования вертикальных колебаний лесовозного автопоезда, состоящая из двухосного тягача и двухосного с рессорно-балансирной подвеской прицепа-роспуска, показана на рис. 1. Она учитывает продольные упругие перемещения подрессоренной массы тягача x_1 и пакета хлыстов с прицепом x_2, обусловленные применением продольных сил взаимодействия колес с поверхностью дороги [1], возможное вертикальное подрессоривание коника тягача (c_5, k_5) и продольную упругую связь тягача с прицепом-роспуском (c_6, k_6). Некоторые другие принятые допущения общеприняты [2], [3]. Скорость движения машин считается установившейся.

Как видно из рис. 1, система имеет одиннадцать степеней свободы: z_1, Θ_1, x_1, ξ_1, ξ_2, z_2, z_3, z_4, x_2, ξ_3, ξ_4.

Уравнения вертикальных колебаний автопоездов, составленные с использованием принципа Даламбера, имеют следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} F_{Mz1} - F_{п1} - F_{п2} + F_5 = 0; \\ F_{Mz2} + F_{Mz4} - F_5 - F_{п34} + F_{пр} = 0; \\ F_{Mz3} - F_{пр} = 0; \end{aligned}\right|$$

$$
\left.
\begin{gathered}
F_{m1\,\xi 1} + F_{\text{п}1} - F_{\text{ш}1} = 0; \\
F_{m2\,\xi 2} + F_{\text{п}2} - F_{\text{ш}2} = 0; \\
F_{m3\,4\xi} + F_{\text{п}34} - F_{\text{ш}3} - F_{\text{ш}4} = 0; \\
M_{\Theta 1} - l_1 F_{\text{п}1} + l_2 F_{\text{п}2} + h_5 F_6 - (l_2 - l_0) F_5 + h_1 F_{M1x1} + \\
+ h_2 F_{m2x1} + h_6 F_4 + h_1 F_{x1} + h_2 F_{x2} = 0; \\
M_{\Theta 2} - (l_3 + l_0) F_5 + l_4 F_{\text{п}34} + h_3 F_{m34x2} + h_3 F_{x3} + \\
+ h_3 F_{x4} + h_4 F_6 = 0; \\
M_{34\Theta} - l_5 (F_{\text{ш}3} - F_{\text{ш}4}) = 0; \\
F_{Mx1} + F_{M1x1} + F_{m2x1} + F_{x1} + F_{x2} + F_4 - F_6 = 0; \\
F_{Mx2} + F_{M34x2} + F_{x3} + F_{x4} + F_6 = 0,
\end{gathered}
\right\} \quad (1)
$$

где

$$
\left.
\begin{gathered}
F_{Mz1} = M_1 \ddot{z}_1; \quad F_{Mz2} = M_2 \ddot{z}_2; \quad F_{Mz3} = M_3 \ddot{z}_3; \\
F_{Mz4} = M_4 \ddot{z}_4; \quad F_{Mx1} = M_1 \ddot{x}_1; \quad F_{Mx2} = (M_2 + M_3 + M_4) \ddot{x}_2; \\
F_{m\xi 1} = m_1 \ddot{\xi}_1; \quad F_{m\xi 2} = m_2 \ddot{\xi}_2; \quad F_{m34\xi} = (m_3 + m_4) \ddot{\xi}_{34}; \\
F_{m1x1} = m_1 (h_1 \ddot{\Theta}_1 + \ddot{x}_1); \quad F_{m2x1} = m_2 (h_2 \ddot{\Theta}_3 + \ddot{x}_1); \\
F_{m34x2} = (m_3 + m_4) \left(h_3 \frac{\ddot{z}_2 - \ddot{z}_4}{l_3 + l_4 + l_0} + \ddot{x}_2 \right); \quad M_{\Theta 1} = I_1 \ddot{\Theta}_1; \\
M_{\Theta 2} = M_2 (l_3 + l_0) \ddot{z}_2 - M_4 l_4 \ddot{z}_4; \quad M_{34\Theta} = m_3 l_5 \ddot{\xi}_3 - m_4 l_5 \ddot{\xi}_4; \\
F_{\text{п}1} = F_{c1} + F_{k1} + F_{\text{тр}1}; \quad F_{\text{п}2} = F_{c2} + F_{k2} + F_{\text{тр}2}; \\
F_{\text{п}34} = F_{c3} + F_{k3} + F_{\text{тр}3}; \\
F_{\text{пр}} = F_{cx} + F_{kx}; \quad F_{\text{ш}1} = F_{c\text{ш}1} + F_{k\text{ш}1}; \quad F_{\text{ш}2} = F_{c\text{ш}2} + F_{k\text{ш}2}; \\
F_{\text{ш}3} = F_{c\text{ш}3} + F_{k\text{ш}3}; \quad F_{\text{ш}4} = F_{c\text{ш}4} + F_{k\text{ш}4}; \quad F_5 = F_{c5} + F_{k5}; \\
F_6 = F_{c6} + F_{k6}; \quad F_4 = F_{c4} + F_{k4}; \\
F_{x1} = (F_{\text{ш}1} + F_{01}) \frac{\dot{q}_1}{\dot{x}_1 + v} + F_{\text{ш}1} f; \\
F_{x2} = (F_{\text{ш}2} + F_{02}) \frac{\dot{q}_2}{\dot{x}_1 + v} + F_{\text{ш}2} f; \\
F_{x3} = (F_{\text{ш}3} + F_{03}) \frac{\dot{q}_3}{\dot{x}_2 + v} + F_{\text{ш}3} f; \\
F_{x4} = (F_{\text{ш}4} + F_{04}) \frac{\dot{q}_4}{\dot{x}_2 + v} + F_{\text{ш}4} f.
\end{gathered}
\right\} \quad (2)
$$

В формулы (2) входят обозначения, смысл большинства которых ясен из рис. 1, и только некоторые требуют разъяснения:

f — коэффициент сопротивления качению;

q_i — высота неровностей дороги под колесами i-той оси ($i = 1, 2, 3, 4$);

M_1 — подрессоренная масса тягача;

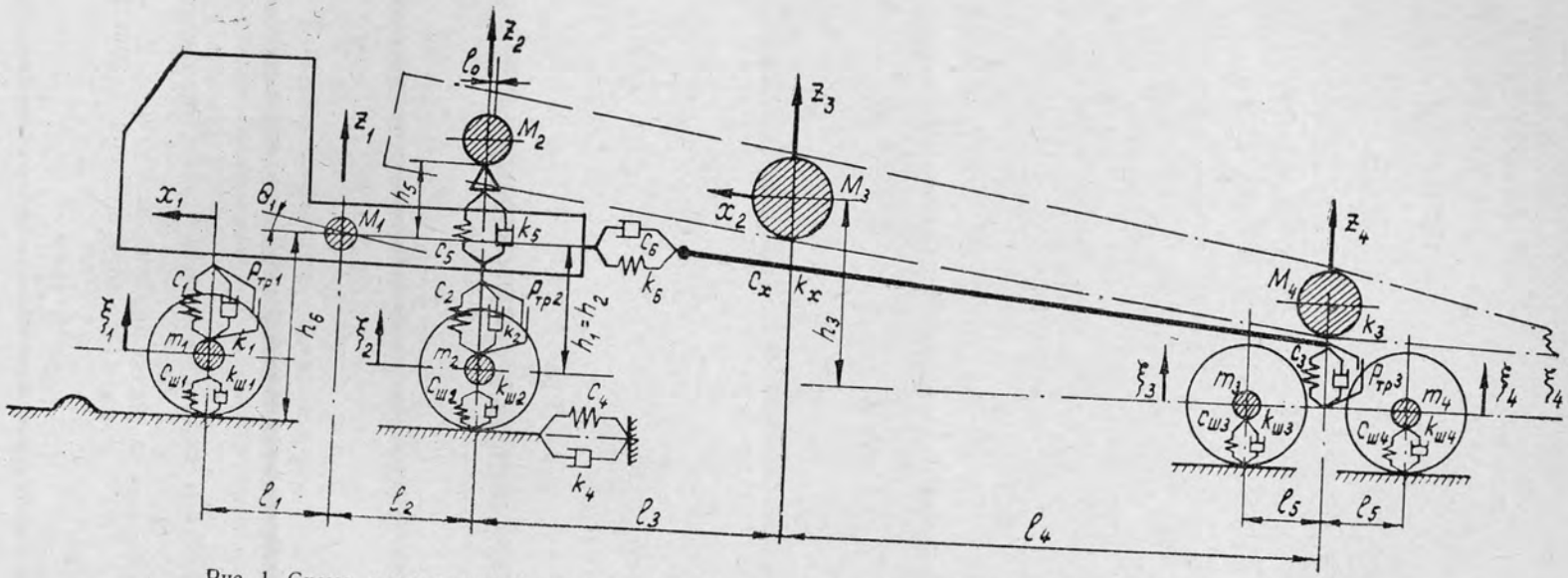


Рис. 1. Схема, эквивалентная колебаниям лесовозного автопоезда в продольной вертикальной плоскости.

M_2 — часть массы пакета хлыстов, приведенная к конику автомобиля [2];

M_3 — часть массы пакета хлыстов, приведенная к центру его тяжести;

M_4 — часть массы пакета хлыстов и массы прицепа-роспуска, приведенная к оси, совпадающей с осью его коника;

F_{0i} — вертикальные статические нагрузки на i-той оси автопоезда.

Упругие характеристики подвесок тягача и прицепа-роспуска задаются численными значениями деформаций f_{cni} при соответствующих силах P_{cni}, причем производится сдвиг координат на величину статической нагрузки. Деформации рессор равны:

$$z_{ni} = \xi_1 - z_1 - l_1\Theta_1; \quad z_{n2} = \xi_2 - z_1 + l_2\Theta_1;$$

$$z_{n3} = \xi_{3,4} - z_4; \quad \xi_{3,4} = \frac{\xi_3 + \xi_4}{2}.$$

Характеристики вязкого сопротивления подвесок задаются координатами $F_{ki} - z_{ni}$ для этой цели обычно достаточно 10—12 точек.

Характеристики сухого трения подвесок $F_{тр\,i}$ задаются значениями $F_{тр\,i} = \text{const}$ при $\dot{z}_{n\,i} = \pm 0{,}04$ м/с.

Упругие характеристики шин представляются в виде кусочно-линейной функции и определяются значениями сил $F_{c\,ш\,i}$ при соответствующих деформациях шин $z_{шi} = q_i - \xi_i$.

Характеристики сопротивления шин $F_{k\,ш\,i}$ в большинстве случаев линейные и задаются коэффициентами $k_{ш\,i}$.

Уравнения (1) учитывают упругую характеристику и характеристику продольной амортизации трансмиссии и шин, приведенные к колесам (F_{c4} и F_{k4}). Они также линейные и задаются соответственно коэффициентами c_4 и k_4. Силам F_{c4} и F_{k4} соответствуют перемещения и скорости $(x_1 + h_1\Theta_1)$ и $(\dot{x}_1 + h_1\Theta_1)$.

Аналогичным образом задаются упругие характеристики и характеристики вязких сопротивлений подпружинивания коника, сцепного устройства и пакета хлыстов (F_{c5}, F_{k5}, F_{c6}, F_{k6}, F_{cx}, F_{kx}). Силы F_{c5}, F_{k5}, F_{c6}, F_{k6} для лесовозного автопоезда обычно в силу его конструктивных особенностей в расчет не принимаются и в расчетной модели учтены для большей общности.

Микропрофиль дороги задается точками через определенный шаг Δh. Промежуточные точки вычисляют с помощью интерполяционной формулы Ньютона.

Если точка касания передних колес с дорогой отстоит от начала координат на расстоянии $vt + x_1$, то точка касания колес второй оси ($i=2$) отстоит от начала координат на расстоянии $vt + x_1 - l_1 - l_2$, третья ось ($i = 3$) — $vt + x_1 - l_1 - l_2 - l_3 - l_4 - l_5 + x_2$; четвертая ось ($i=4$) — $vt + x_1 - l_1 - l_2 - l_3 - l_4 + l_5 + x_2$.

При решении задачи кроме перемещений, скоростей и ускорений масс автопоезда могут быть определены динамические давления колес на дорогу, количество пробоев подвески, а также путь, пройденный колесами осей в отрыве от дороги в соответствии со следующими условиями:

$$\xi_1 - z_1 - l_1\Theta_1 \leqslant A_1; \quad \xi_2 - z_2 + l_2\Theta_1 \leqslant A_2; \quad \xi_{34} - z_4 \leqslant A_3.$$

Описанная методика была применена нами при исследовании вертикальной динамики лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803

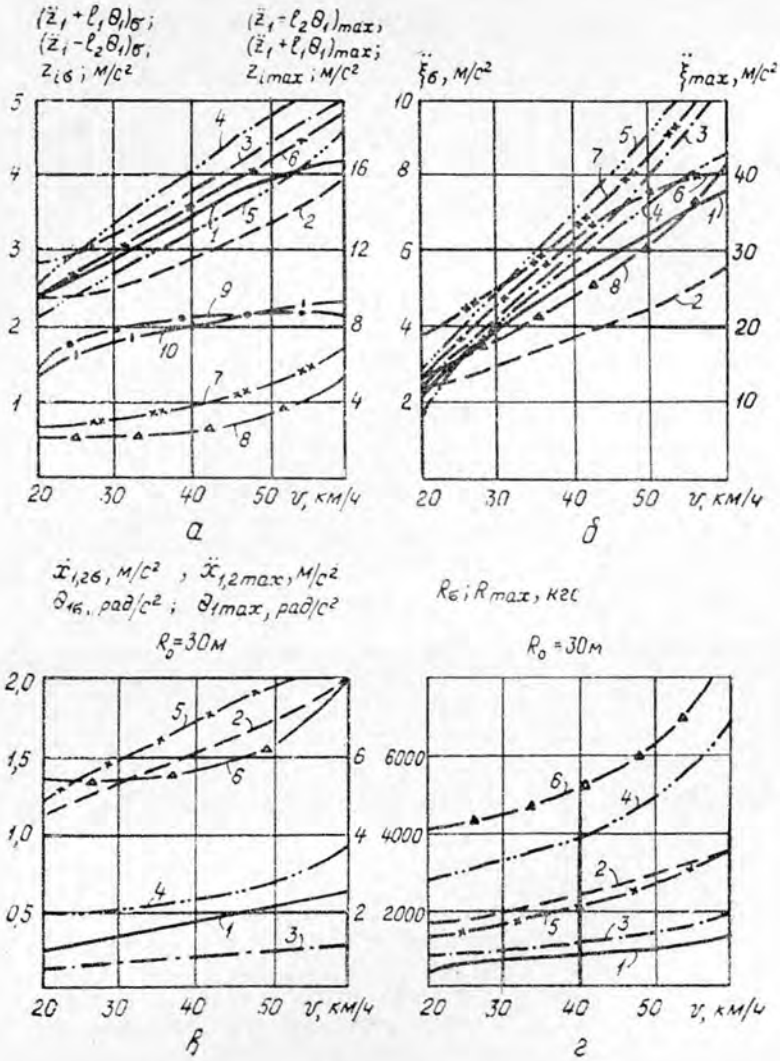


Рис. 2. Зависимости показателей вертикальных, продольных и продольно-угловых колебаний автопоезда от скорости движения (гравийное покрытие, $\sigma_н = 0{,}82$ см).

а — 1 — $(\ddot{z}_1 + l_1\ddot{\theta}_1)_{max}$; 2 — $(\ddot{z}_1 + l_1\ddot{\theta}_1)_\sigma$; 3 — $(\ddot{z}_1 - l_2\ddot{\theta}_1)_\sigma$; 4 — $(\ddot{z}_1 - l_2\ddot{\theta}_1)_{max}$; 5 — $\ddot{z}_{2\sigma}$; 6 — $\ddot{z}_{2max}$; 7 — $\ddot{z}_{3max}$; 8 — $\ddot{z}_{3\sigma}$; 9 — $\ddot{z}_{4\sigma}$; 10 — $\ddot{z}_{4max}$;

б — 1 — $\ddot{\xi}_{1max}$; 2 — $\ddot{\xi}_{1\sigma}$; 3 — $\ddot{\xi}_{2max}$; 4 — $\ddot{\xi}_{2\sigma}$; 5 — $\ddot{\xi}_{3max}$; 6 — $\ddot{\xi}_{3\sigma}$; 7 — $\ddot{\xi}_{4max}$; 8 — $\ddot{\xi}_{4\sigma}$; *в* — 1 — $\ddot{x}_{1\sigma}$; 2 — $\ddot{x}_{1max}$; 3 — $\ddot{x}_{2\sigma}$; 4 — $\ddot{x}_{2max}$; 5 — $\ddot{\theta}_{1\sigma}$; 6 — $\ddot{\theta}_{1max}$;

г — 1 $R_{1\sigma}$; 2 — R_{1max}; 3 — $R_{2\sigma}$; 4 — R_{2max}; 5 — $R_{3\sigma}$; 6 — R_{3max}.

с полной нагрузкой. Рассматривалось движение автопоезда по дорогам с грунтовым и гравийным покрытиями.

На рис. 2 приведены показатели вертикальных и продольно-угловых колебаний системы при ее движении по гравийной дороге. Из рисунка видно, что с увеличением скорости движения как максимальные, так и средние квадратичные показатели колебаний масс автопоезда возрастают, однако характер их увеличения различен.

Например, вертикальные ускорения подрессоренной массы тягача $(\ddot{z}_1 + l_1 \ddot{\Theta}_1)$ и $(\ddot{z}_1 - l_2 \Theta_1)$— рис. 2, *а*, кривые *1—4*, имея примерно одинаковую интенсивность возрастания с увеличением v, резко отличаются по характеру изменения от ускорений $\ddot{z}_3$ и $\ddot{z}_4$ (кривые *7—10*). Характерно, что по абсолютным значениям ускорения тягача больше (средние квадратичные — до 5—6 м/с², максимальные — до 20—25 м/с² при $v=60$ км/ч), чем пакета хлыстов и подрессоренного (в общем случае) прицепа-роспуска (кривые *7—10*). При этом у прицепа ускорения $\ddot{z}_4$ (как средние квадратичные, так и максимальные) при скорости движения более 40 км/ч возрастают менее интенсивно. Вертикальные ускорения z_3 центра тяжести пакета хлыстов при $v>50$ км/ч начинают резко увеличиваться.

Как видно из рис. 2, *б* вертикальные ускорения неподрессоренных масс автопоезда имеют широкий диапазон изменения ($\ddot{\xi}_{i\,\sigma}$— от 1,8 до 6,3 м/с²; $\ddot{\xi}_{i\,max}$ — от 12 до 60 м/с² при $v=60$ км/ч). Наиболее нагруженными оказываются элементы ходовой системы прицепа-роспуска (кривые *5—8* на рис. 2, *б*). Появлением значительных ускорений $\ddot{\xi}_3$ и $\ddot{\xi}_4$ объясняется также наличие наибольших динамических давлений под колесами осей прицепа (рис. 2, *г*, кривые *5* и *6*).

Предлагаемая методика позволяет оценить величины и характер изменения продольных ускорений и перемещений тягача x_1 и прицепа с грузом x_2, появляющихся как результат воздействия от микрорельефа дороги.

Рис. 2, *в* показывает, что продольные ускорения выше у тягача, чем у прицепа-роспуска (кривые *1—4*).

Для тягача характерен большой разрыв между средними квадратичными и максимальными величинами x_1, что говорит о наличии значительных единичных выбросов продольных ускорений. Для прицепа-роспуска и пакета хлыстов указанный разрыв значительно меньше.

На рис. 3 для сравнения приведены рассмотренные выше зависимости для того же автопоезда, но для другого участка дороги с грунтовым покрытием. Общий уровень вертикальных ускорений подрессоренных масс автопоезда находится в тех же пределах, что и на гравийной дороге (рис. 3, *а*). Правда, характер изменения кривых различен. Так, если максимальные ускорения прицепа-роспуска на гравийной дороге имели невысокий уровень, то для участка с грунтовым покрытием (кривая *9*) ускорение $\ddot{z}_{4max}$ значительно больше. Ускорения под задней осью тягача и около его коника при движении по обоим участкам дорог изменяются в близких пределах, однако на грунтовой дороге они все же выше (рис. 3, кривые *6* и *7*).

Если ускорения подрессоренных масс на гравийном шоссе и грунтовой дороге различаются не сильно, то вертикальные ускорения неподрессоренных масс в последнем случае значительно больше (до 98 м/с² для задней оси автопоезда при $v=60$ км/ч, рис. 3, *б*, кривая *6*). Оси прицепа нагружены несколько меньше (кривые *7*, *8* и *3*, *4*).

Значительно больше по абсолютной величине для грунтовой дороги продольные и продольно-угловые ускорения автопоезда, а также динамические давления на дорогу (рис. 3, *г*).

Анализ данных расчета для автопоезда МАЗ-509+ТМЗ-803 указывает на широкие возможности предлагаемой методики. С применением ее может быть решен круг важных вопросов, связанных с коле-

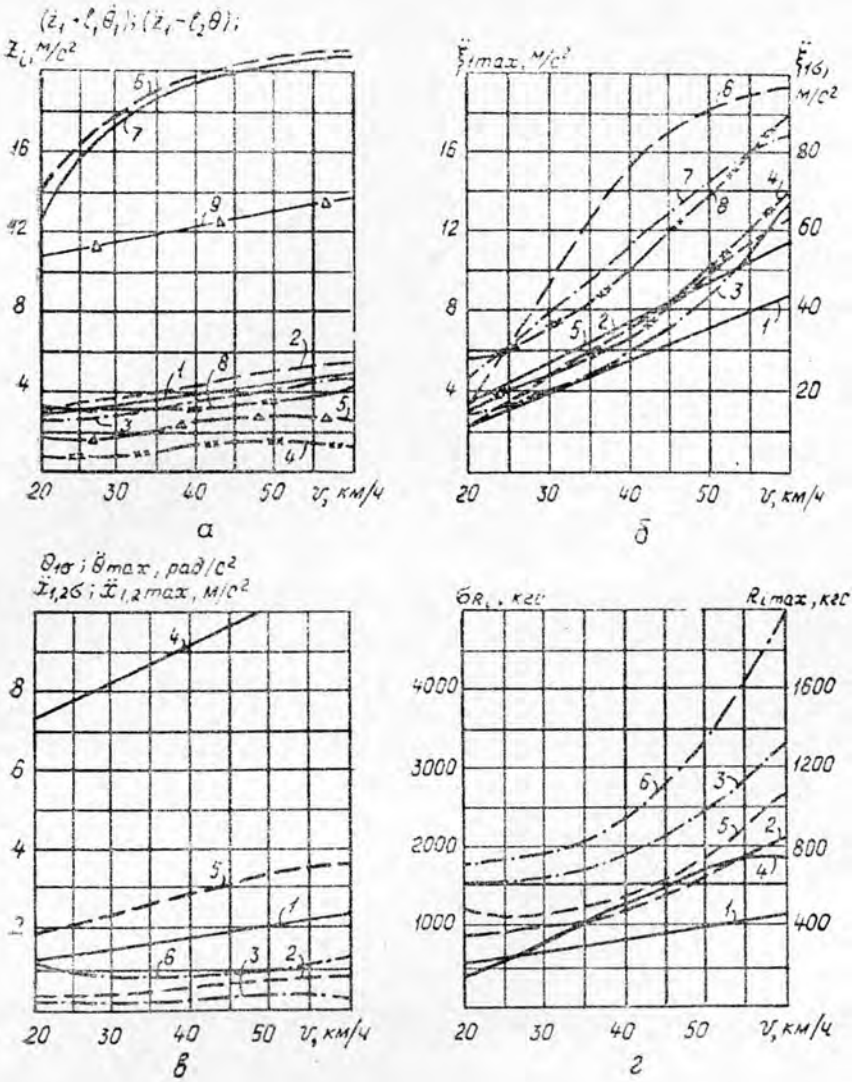


Рис. 3. Зависимости показателей вертикальных, продольных и продольно-угловых колебаний автопоезда от скорости движения (грунтовое покрытие, $\sigma_н = 1{,}77$ см).

а — 1 — $(\ddot{z}_1 + l_1\ddot{\theta}_1)_\sigma$; 2 — $(\ddot{z}_1 - l_2\ddot{\theta}_1)_\sigma$; 3 — $z_{2э}$; 4 — $z_{3э}$; 5 — $z_{4э}$; 6 — $(\ddot{z}_1 - l_2\ddot{\theta}_1)_{max}$; 7 — $\ddot{z}_{2max}$; 8 — $\ddot{z}_{3max}$; 9 — $\ddot{z}_{4max}$; *б* — 1 — $\ddot{\xi}_{1\sigma}$; 2 — $\ddot{\xi}_{2\sigma}$; 3 — $\ddot{\xi}_{3\sigma}$; 4 — $\ddot{\xi}_{4\sigma}$; 5 — $\ddot{\xi}_{1max}$; 6 — $\ddot{\xi}_{2max}$; 7 — $\ddot{\xi}_{3max}$; 8 — $\ddot{\xi}_{4max}$; *в* — 1 — $\ddot{\theta}_{1\sigma}$; 2 — $\ddot{x}_{1\sigma}$; 3 — $\ddot{x}_{2\sigma}$; 4 — $\ddot{\theta}_{1max}$; 5 — $\ddot{x}_{1max}$; 6 — $\ddot{x}_{2max}$; *г* — 1 — $R_{1\sigma}$; 2 — $R_{2\sigma}$; 3 — $R_{3\sigma}$; 4 — $R_{1\,max}$; 5 — $R_{2\,max}$; 6 — $R_{3\,max}$

баниями лесотранспортных систем. Приведенные данные могут быть использованы при проектировании новых типов автопоездов.

Учет нелинейности подвески, продольных колебаний звеньев автопоезда и других факторов позволил значительно повысить точность расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Беленький Ю. Ю. Влияние отдельных параметров на колебание автопоезда, состоящего из тяжелого тягача и полуприцепа. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Минск, 1967. [2]. Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. М., «Лесная промышленность», 1967. [3]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебаний. Машгиз, 1972.

Поступила 28 марта 1975 г.

УДК 629.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНЫХ РАДИАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА КОЛЕСА АВТОВОЗА С УЧЕТОМ ЖЕСТКОСТИ ПОДВЕСКИ И ШИН

П. Ф. МАРЧЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

Изложена методика расчета радиальных реакций на колеса с учетом конструктивных особенностей, деформации подвески и шин автовоза.

Использование известного метода расчета суммарных радиальных реакций на колеса автовоза приводит к существенной разнице между расчетными и действительными их величинами. Эта разница особенно ощутима при резком торможении или разгоне, так как при этом не учитывается жесткость упругих элементов подвески и шин.

Ниже излагается методика расчета суммарных радиальных реакций на колеса автовоза с учетом жесткости упругих элементов подвески и шин.

Весовые параметры и координаты центра тяжести автовоза определяются в статическом положении на горизонтальной площадке. При движении автовоза под действием крутящего момента $M_к$ на ведущих колесах и реактивного момента $M'_р$ главной передачи или тормозного момента $M_т$ перераспределяются суммарные радиальные реакции на передние и задние колеса. Это перераспределение сопровождается продольным креном автовоза на угол β вследствие деформации упругих элементов подвески и шин. Автовозы, как известно, имеют независимую подвеску свечного типа, и продольный крен его вызывает изменение координат центра тяжести.

Рассмотрим ускоренное движение автовоза с грузом на подъем под углом α (рис. 1). В этом случае момент $M_п$, вызывающий перераспределение суммарных реакций на передние и задние колеса, выражается так:

$$M_п = M_к + M'_р;$$

где

$$M_к = X_2 r_д + M_{f_2} + M_{j_2}.$$

Величина тангенциальных реакций

$$X_1 = \frac{M_{f_1} + M_{j_1}}{r_д};$$

$$X_2 = P_{jx} + G_а \sin\alpha + P_W + X_1.$$

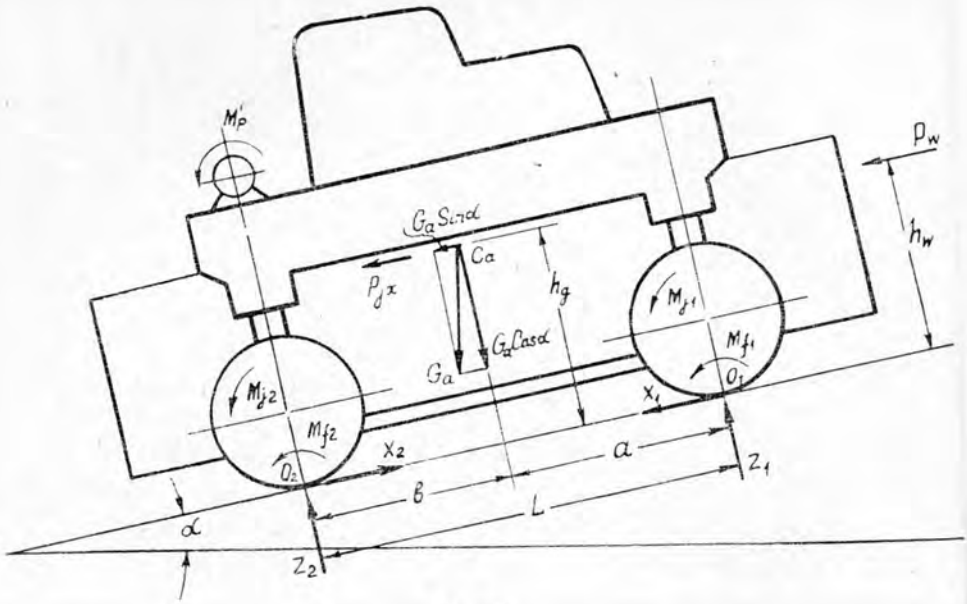


Рис. 1.

Подставляя значение X_1, X_2 и учитывая, что силы P_{jx} и $G_a \sin\alpha$ приложены к центру тяжести, а сила P_W — к центру парусности автовоза, получим

$$M_п = (P_{jx} + G_a \sin\alpha) h_д + P_W h_W + M_{j_1} + M_{j_2} + M_{f_1} + M_{f_2} + M_р, \qquad (1)$$

где M_{f_1}; M_{f_2} — моменты сопротивления качению колес;
M_{j_1}; M_{j_2} — моменты инерции колес;
$r_д$ — динамический радиус колес;
P_{jx} — продольная сила инерции при разгоне;
P_W — сила сопротивления воздуха.

Здесь и далее все силы, реакции и моменты, действующие на колеса, представляют собой их суммы на соответствующих левых и правых колесах.

Формулы для определения $M_п$ в зависимости от условий и режима движения приведены в табл. 1.

Момент $M_п$ уравновешивается моментом упругих сил подвески и шин автовоза $\Delta Z_п$, при этом

$$M_п = \Delta Z_п (a_0 + b_0),$$

откуда

$$\Delta Z_п = \frac{M_п}{a_0 + b_0}, \qquad (2)$$

где a_0; b_0 — расстояние от центра тяжести до центра передних и задних колес неподвижного автовоза на горизонтальной площадке.

Угол крена автовоза в продольном направлении определяется по формуле

Таблица 1

Условия движения	Режим движения	Значение $M_п$
Подъем под углом α	Разгон	$(P_{jx} + G_a \sin\alpha)h_д + P_W h_W + M_{j1} + M_{j2} + M_{f1} + M_{f2} + M'_р$
	Равномерное движение	$G_a \sin\alpha h_д + P_W h_W + M_{f1} + M_{f2} + M'_р$
	Торможение	$-(P_{jx} - G_a \sin\alpha) h_д + P_W h_W - (M_{j1} + M_{j2} + M_{f1} + M_{f2} + M'_р)$
Спуск под углом α	Разгон	$(P_{jx} - G_a \sin\alpha)h_д + P_W h_W + M_{j1} + M_{j2} + M_{f1} + M_{f2} + M'_р$
	Равномерное движение	$-G_a \sin\alpha h_д + P_W h_W + M_{f1} + M_{f2} + M'_р$
	Торможение	$-(P_{jx} + G_a \sin\alpha)h_д + P_W h_W - (M_{j1} + M_{j2} + M_{f1} + M_{f2} + M'_р)$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta Z_п}{a_0 + b_0}\left(\frac{1}{2C_{пр_1}} + \frac{1}{2C_{пр_2}}\right), \tag{3}$$

здесь $C_{пр_1}$; $C_{пр_2}$ — приведенная жесткость подвески переднего и заднего колес*.

Подставляя значение $\Delta Z_п$ из формулы (2) в уравнение (3), получим

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{M_п}{2(a_0 + b_0)^2}\left(\frac{1}{C_{пр_1}} + \frac{1}{C_{пр_2}}\right). \tag{4}$$

Для определения новых координат центра тяжести автовоза необходимо знать полюс продольного крена; его положение зависит от условий и режима движения автовоза. При равномерном движении на подъеме или спуске полюс крена совпадает с центром тяжести. При торможении полюс крена находится у поверхности дороги, а при разгоне — на линии, соединяющей центры вращения колес против центра тяжести машины.

Рассмотрим значение новых координат центра тяжести для двух крайних положений полюса продольного крена. В первом, когда полюс продольного крена совпадает с центром тяжести автовоза (рис. 2), координату a можно определить из равенств

$$a_0 = a + l'_1 - l_1 \tag{5}$$

или

$$a_0 = (a + l'_1 - l)\cos\beta, \tag{6}$$

где

$$l'_1 = \Delta h_{ш1} \operatorname{tg}\beta;\ l = (h_д - r_д)\operatorname{tg}\beta.$$

* Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания. Машгиз, М., 1960.

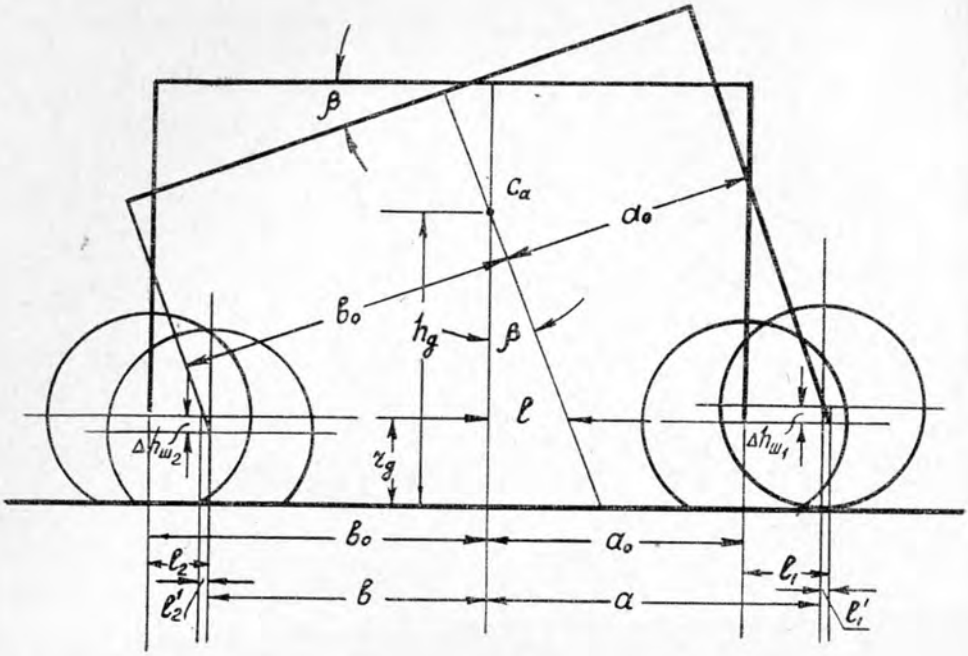


Рис. 2.

Подставляя значения l_1' и l в равенство (6), получим

$$a = \frac{a_0}{\cos\beta} + (h_д - r_д - \Delta h_{ш1})\operatorname{tg}\beta. \tag{7}$$

Координата b определится из равенств

$$b_0 = b + l_2 \tag{8}$$

или

$$b_0 + (b + l_2' + l)\cos\beta, \tag{9}$$

где

$$l_2' = \Delta h_{ш2}\operatorname{tg}\beta.$$

Подставляя значения l и l_2' в равенство (9), получим

$$b = \frac{b_0}{\cos\beta} - (h_д - r_д + \Delta h_{ш2})\operatorname{tg}\beta. \tag{10}$$

В уравнения (7) и (10) входит радиальная деформация шин передних $\Delta h_{ш1}$ и задних $\Delta h_{ш2}$ колес. Если считать, что жесткость шин не зависит от нагрузки в пределах перераспределения радиальных реакций, то $\Delta h_{ш1} = \Delta h_{ш2} = \Delta h_ш$. Значение $\Delta h_ш$ можно определить по формуле

$$\Delta h_ш = \frac{\Delta Z_п}{2C_ш}\cos\beta. \tag{11}$$

База автовоза, измеренная параллельно дороге,

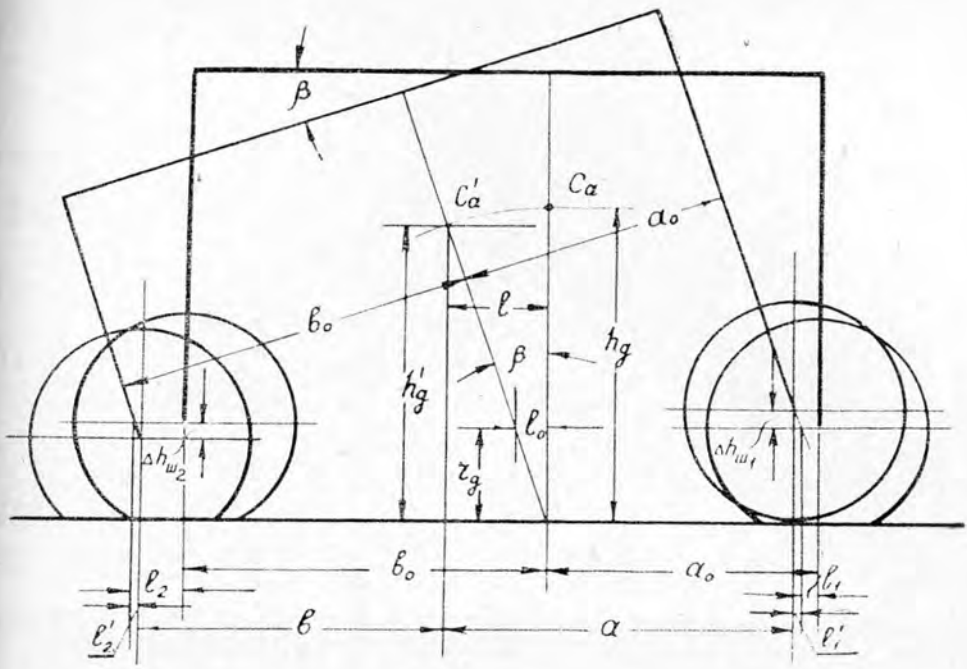


Рис. 3.

$$L = (a + b) = \frac{a_0 + b_0}{\cos\beta} - 2\Delta h_ш \operatorname{tg}\beta. \tag{12}$$

Высота центра тяжести в рассматриваемом случае будет сохраняться.

Во втором случае, когда полюс продольного крена располагается у поверхности дороги против центра тяжести (рис. 3), центр тяжести автовоза сместится вниз на величину $h_д - h'_д$ и назад параллельно дороге, на величину l. Смещение l равно

$$l = h_д \sin\beta. \tag{13}$$

Высота центра тяжести C'_a

$$h'_д = h_д \cos\beta. \tag{14}$$

Координаты a и b центра тяжести определяем так же, как и в первом случае,

$$a = \frac{a_0}{\cos\beta} + h_д \sin\beta - (r_д + \Delta h_ш) \operatorname{tg}\beta; \tag{15}$$

$$b = \frac{b_0}{\cos\beta} - h_д \sin\beta + (r_д - \Delta h_ш) \operatorname{tg}\beta. \tag{16}$$

Если $\Delta h_{ш1} = \Delta h_{ш2} = \Delta h_ш$, то величина L для второго случая будет определяться уравнением (12).

При значениях угла β до 10° с небольшой погрешностью можно принять $\operatorname{tg}\beta° = \sin\beta° = \beta$ и $\cos\beta° = 1$, и уравнения (7), (10), (15) и (16) приводятся к виду

$$\left.\begin{aligned} a &= a_0 + (h_д - r_д - \Delta h_ш)\,\beta; \\ b &= b_0 - (h_д - r_д + \Delta h_ш)\,\beta. \end{aligned}\right\} \tag{17}$$

При отрицательном значении $M_п$ (табл. 1)

$$\left.\begin{aligned} a &= a_0 - (h_д - r_д + \Delta h_ш)\,\beta; \\ b &= b_0 + (h_д - r_д - \Delta h_ш)\,\beta. \end{aligned}\right\} \tag{18}$$

База автовоза при положительных и отрицательных значениях $M_п$ определяется уравнением

$$L = a + b = a_0 + b_0 - 2\Delta h_ш \beta. \tag{19}$$

Для нахождения суммарных радиальных реакций на передние и задние колеса при разгоне автовоза на подъем под углом α (рис. 1) запишем уравнения моментов относительно O_1 и O_2

$$\left.\begin{aligned} &\Sigma M_{O_2} = G_а \cos\beta b - (P_{jx} + G_а \sin\alpha)\,h_д - P_W h_W - \\ &- Z_1 (a + b) - (M_{j_1} + M_{j_2} + M_{f_1} + M_{f_2} + M'_р) = 0; \\ &\Sigma M_{O_1} = G_а \cos\beta a + (P_{jx} + G_а \sin\alpha)\,h_д + P_W h_ш - \\ &- Z_2 (a + b) + (M_{j_1} + M_{j_2} + M_{f_1} + M_{f_2} + M'_р) = 0. \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

Решая уравнения (20) относительно Z_1 и Z_2 и используя выражения (18), получим

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= \frac{G_а \cos\alpha\,[b_0 - (h_д - r_д + \Delta h_ш)\,\beta] - (P_{jx} + G_а \sin\alpha)\,h_д - P_W h_W - (M_{j_1} + M_{j_2} + M_{f_1} + M_{f_2} + M'_р)}{(a_0 + b_0) - 2\Delta h_ш \beta}; \\ Z_2 &= \frac{G_а \cos\alpha\,[a_0 + (h_д - r_д - \Delta h_ш)\,\beta] + (P_{jx} + G_а \sin\alpha)\,h_д + P_W h_W + (M_{j_1} + M_{j_2} + M_{f_1} + M_{f_2} + M'_р)}{(a_0 + b_0) - 2\Delta h_ш \beta} \end{aligned}\right\} \tag{21}$$

или, учитывая табл. 1 для случая разгона при движении на подъем

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= \frac{G_а \cos\alpha\,[b_0 + (h_д - r_д + \Delta h_ш)\,\beta] - M_п}{(a_0 + b_0) - 2\Delta h_ш \beta}; \\ Z_2 &= \frac{G_а \cos\alpha\,[a_0 + (h_д - r_д - \Delta h_ш)\,\beta] + M_п}{(a_0 + b_0) - 2\Delta h_ш \beta}. \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

Предлагаемая методика определения суммарных радиальных реакций на передние и задние колеса автовоза позволяет значительно повысить точность расчетов.

Поступила 11 февраля 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 634.0.372

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ НЕСУЩИХ КАНАТОВ КАНАТНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н. В. МАТИИШИН

Львовский лесотехнический институт

Рассматривается влияние удлинения несущих канатов канатных лесотранспортных установок, возникающего в процессе эксплуатации, на изменение его натяжения и приводятся результаты экспериментальных исследований остаточного удлинения.

В существующих методах расчета несущих канатов величина их натяжения в процессе эксплуатации принимается постоянной. Однако поскольку канат представляет собой структурно-неоднородную гибкую нить, то при изменениях геометрических параметров его элементов, возникающих в процессе циклических нагружений катками каретки, происходит остаточное удлинение несущих канатов.

Несущие канаты канатных лесотранспортных установок, в отличие от канатов на стационарных канатных дорогах, закрепляются на опорах по обоим концам [1]. Удлинение их в процессе эксплуатации при такой схеме монтажа вызывает уменьшение натяжения канатов, что отрицательно сказывается на их выносливости [2], [3] и увеличивает стрелу провеса.

В настоящей работе исследуется величина остаточного удлинения несущих канатов и влияние этого удлинения на изменение их натяжения.

Остаточное удлинение каната мы определяли экспериментально на пробежной установке. Исследования проводили на образцах каната 25,5—Г-В-СС-Н-160 ГОСТ 2688—69 длиной 11,7 м при двухкатковой каретке с диаметром катков 120 мм и нагрузкой на каретку 1050 кгс.

Образец каната натягивали до заданного запаса прочности, после чего включали привод каретки, которая совершала возвратно-поступательное движение по канату.

С увеличением числа проходов каретки динамометр показывал падение натяжения, вызванное появлением остаточной деформации образца. После каждых 200 проходов каретки натяжение увеличивали до первоначального. Остаточную деформацию определяли по величине перемещения натяжного винта редуктора. При этом учитывалось незначительное вытягивание каната из зажимных муфт, что имело место в некоторых образцах.

Изменение величины остаточной деформации образцов при различных запасах прочности с увеличением количества проходов показано на рис. 1.

Как видно из графика, увеличение остаточных удлинений образцов при различных натяжениях происходит до 1000 проходов каретки. Максимальные их значения близки между собой и могут быть приняты 4,0 см.

Относительное остаточное удлинение канатов

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L} = \frac{4}{11{,}7 \cdot 10^2} = 0{,}0034.$$

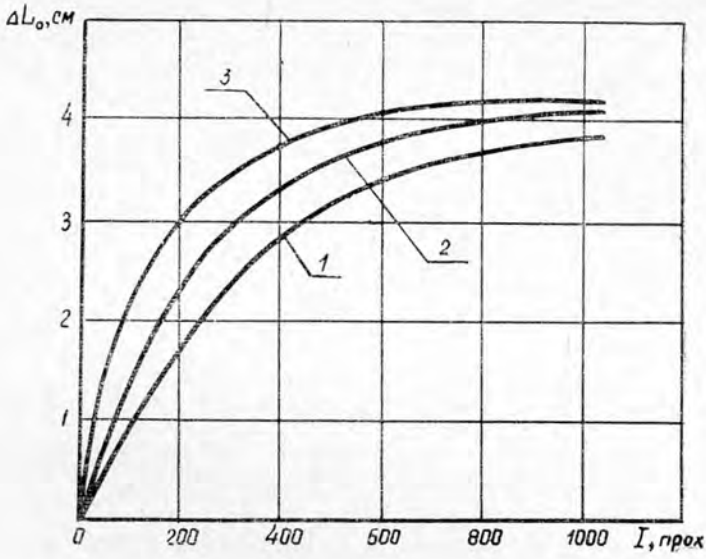


Рис. 1. График зависимости остаточного удлинения образцов ΔL_0 от количества проходов каретки I при различных запасах прочности n.

$1 - n = 5$; $2 - n = 3{,}9$; $3 - n = 2{,}9$.

Исследуем влияние этого удлинения на изменение натяжения несущих канатов. Длина несущего каната с закрепленными концами L, нагруженного посередине пролета грузом P, равна [1]

$$L = \frac{l}{\cos\alpha} + \frac{\cos\alpha}{2T_2}\left(\frac{q^2l^3}{12\cos^2\alpha} + \frac{qPl^2}{4\cos\alpha} + \frac{P^2 l}{4}\right), \tag{1}$$

где l — расстояние между опорами по горизонтали;
α — угол, образуемый хордой пролета с горизонтом;
T — натяжение каната;
q — погонный вес каната.

Обозначим длину каната и его натяжение после остаточного удлинения соответственно L_1 и T_1.

Составим дополнительное уравнение, считая, что длина каната после удлинения L_1 равна сумме первоначальной ее длины L и остаточного удлинения ΔL_0 с вычетом упругого укорочения ΔL, то есть

$$L_1 = L + \Delta L_0 - \Delta L, \tag{2}$$

здесь ΔL — упругая деформация, уменьшающая общую длину каната с уменьшением натяжения

$$\Delta L = \frac{(T - T_1)L}{E_к F}, \tag{3}$$

где $T - T_1$ — падение натяжения каната;
$E_к F$ — жесткость каната при растяжении;
$E_к$ — приведенный модуль упругости каната с учетом податливости анкерных закреплений;
F — площадь металлического сечения каната.

Величина приведенного модуля упругости изменяется с изменением натяжения каната и по данным Н. М. Белой и А. Г. Прохоренко [1] для канатных установок средней протяженности равна:

$$T_1 = 13 \text{ тс}; \qquad E_к = 1{,}05 \cdot 10^7 \text{ тс/м}^2;$$
$$T_1 = 11 \text{ тс}; \qquad E_к = 0{,}95 \cdot 10^7 \text{ тс/м}^2;$$
$$T_1 = 9 \text{ тс}; \qquad E_к = 0{,}85 \cdot 10^7 \text{ тс/м}^2.$$

Анализируя приведенные результаты, находим, что зависимость между приведенным модулем упругости и натяжением каната линейная

$$E_к = 5 \cdot 10^5 T_1 + 0{,}4 \cdot 10^7 \quad \text{тс/м}^2. \tag{4}$$

Полученная формула выражает зависимость приведенного модуля упругости каната от его натяжения с учетом податливости анкерных закреплений для канатных лесотранспортных установок с длиной каната $L \geqslant 600 \div 800$ м.

Подставив в уравнение (2) значения входящих величин и разделив обе части равенства на L, получим

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T^2}\right)\frac{\cos\alpha}{2L}\left(\frac{q^2 l^3}{12\cos^2\alpha} + \frac{qPl^2}{4\cos\alpha} + \frac{P^2 l}{4}\right) + \\ + \frac{T - T_1}{(5 \cdot 10^5 T_1 + 0{,}4 \cdot 10^7) F}, \tag{5}$$

здесь $\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L}$ — относительное остаточное удлинение канатов.

После соответствующих математических преобразований получим уравнение

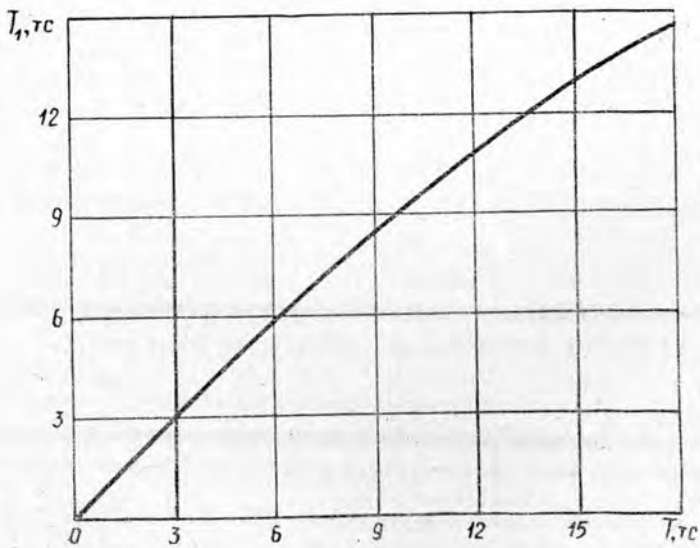


Рис. 2. График зависимости натяжения несущих канатов лесотранспортных установок после деформации T_1 от первоначального натяжения T при $l = 600$ м; $q = 0{,}0022$ тс/м; $P = 2$ тс; $F = 0{,}00024$ м²; $\alpha = 20°$.

$$T_1^3\left[5\cdot10^5F\left(\varepsilon+\frac{1}{\frac{2lT^2}{A\cos^2\alpha}+1}\right)+1\right]+T_1^2\left[4\cdot10^6F\left(\frac{1}{\frac{2lT^2}{A\cos\alpha}+1}\right)-T\right]-$$
$$-T_1\frac{5\cdot10^5F}{\frac{2l}{A\cos^2\alpha}+\frac{1}{T}}-\frac{4\cdot10^6F}{\frac{2l}{A\cos^2\alpha}+\frac{1}{T^2}}=0. \qquad (6)$$

Для сокращения записи введено обозначение

$$A=\frac{q^2l^3}{12\cos^2\alpha}+\frac{qPl^2}{4\cos\alpha}+\frac{P^2l}{4}.$$

Для определения величины натяжения несущего каната канатной лесотранспортной установки после его остаточного удлинения в уравнение (6) подставлена полученная экспериментальная величина ε.

По результатам вычислений построен график (рис. 2), из которого видно, что уменьшение натяжения несущих канатов в результате их остаточного удлинения является значительным и для тех режимов, при которых они эксплуатируются на лесотранспортных установках, составляет 15—20% от начального.

В связи с уменьшением натяжения каната сокращается и срок его службы. По рекомендациям [3], оптимальное натяжение несущих канатов ГОСТ 2688—69 и ГОСТ 3077—69 диаметром 25,5 мм при положении каретки посередине пролета составляет 17—18 тс. В процессе эксплуатации оно снижается до 13,5—14 тс (рис. 2). Выносливость несущих канатов по данным [3] при таком уменьшении натяжения понижается на 25—30% по сравнению с максимальной.

Проведенные исследования показывают, что исходя из условий правильной эксплуатации несущих канатов необходимо их повторно натягивать после перевозки первых 1000—1200 м³ древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. М., «Лесная промышленность», 1964. [2]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. До питання обгрунтування режимів досліджень стальних канатів на пробіжних машинах. — В зб.: Лісова, паперовата деревообробна промисловість, вип. 8. Київ, «Будівельник», 1971. [3]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г., Матвеев Е. М. До обгрунтування запасів міцності несучих канатів підвісних лісотранспортных установок. — В зб.: Лісова, паперова і деревообробна промисловість, вип. 9. Київ, «Будівельник», 1972.

Поступила 4 февраля 1975 г.

УДК 629.1

О ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АВТОМОБИЛЯ МАЗ-509 НА КОЛЕЙНОЕ ПОКРЫТИЕ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Р. Л. КОРОВКИН, Е. С. БУРЯК

Архангельский лесотехнический институт

Приводится методика и результаты измерений вертикальных ускорений частей автомобиля. Экспериментальные данные обрабатываются методами математической статистики. На основе обработки данных выводится динамический коэффициент.

Исследование ровности лесовозных автомобильных дорог с колейным покрытием из железобетонных плит представляет значительный интерес как с точки зрения динамических воздействий автомо-

биля на дорогу, так и с точки зрения влияния неровностей на нагруженность трансмиссии автомобиля.

Изучению неровностей автомобильных лесовозных дорог посвящено значительное количество работ ([2], [3] и др.). На лесовозных дорогах с покрытием из железобетонных плит неровности имеют более закономерный характер, чем на дорогах с другими покрытиями. Представляет интерес проследить связь между неровностями и вертикальными ускорениями частей автомобиля, вызванными этими неровностями.

Для получения статистических характеристик микропрофиля и вертикальных ускорений кузова и колес автомобиля МАЗ-509 были проведены опыты на Луковецкой лесовозной дороге объединения Архангельсклеспром.

Для опытов был выбран участок магистрали III категории на прямой с небольшим спуском в грузовом направлении, длиной 152,5 м (50 плит), расположенный на невысокой насыпи (0,6—0,8 м). Размеры плит 300×100×14 см, состояние пути удовлетворительное. Изношенных и сломанных плит на участке нет.

Стыки плит правой и левой колеи расположены вразбежку, то есть стык левой колеи приходится на середину плиты правой колеи. Известно, что такое расположение стыков несколько уменьшает динамическое воздействие колес на дорогу. Плиты соединены деревянными брусками, входящими в пазы смежных плит.

При проведении опытов измеряли вертикальные ускорения кузова и колес автомобиля с помощью датчиков ускорений типа ДУ-5 и виброизмерительной аппаратуры ВИ6-5МАД. Датчики тарировали ступенями через $(1 \div 3)$ g. Тарировочная зависимость выражается прямой линией.

Датчики устанавливали на тормозные щиты задних колес и на раме автомобиля над задними колесами.

На участке через определенные расстояния устанавливали приспособления для отметки пути*, что давало возможность зафиксировать на осциллограмме начало участка, его конец и несколько промежуточных точек. Это значительно упрощало обработку осциллограмм, так как позволяло точно совместить вертикальные ускорения подрессоренных и неподрессоренных масс с неровностями микропрофиля.

Неровности микропрофиля измеряли нивелиром. На каждой плите нивелировали три точки: стык принимающего конца, середину и стык сдающего конца плиты. Гистограмма распределения частот неровностей плит в стыках приведена на рис. 1.

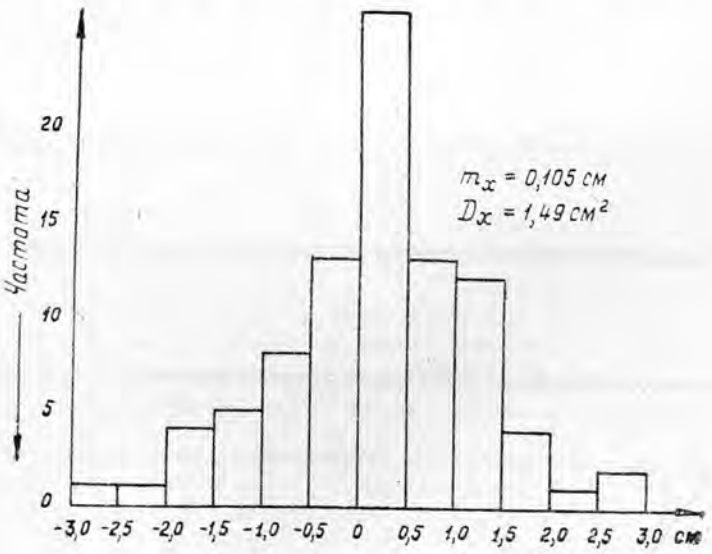


Рис. 1.

* Датчик отметки, сконструированный на кафедре сухопутного транспорта леса АЛТИ, крепили на заднем мосту автомобиля.

Показания датчиков ускорений регистрировали с помощью осциллографа Н010М с гальванометрами М005-03. Вся аппаратура: блок питания БПП-1; генераторно-усилительный блок ВИ6-5МАД и осциллограф Н010М — размещалась в кабине автомобиля МАЗ-509 и питалась от батарей аккумулятора автомобиля.

Средняя скорость движения на участке — около 20 км/ч.

В результате экспериментов получены осциллограммы вертикальных ускорений правого и левого колес, правой и левой частей кузова.

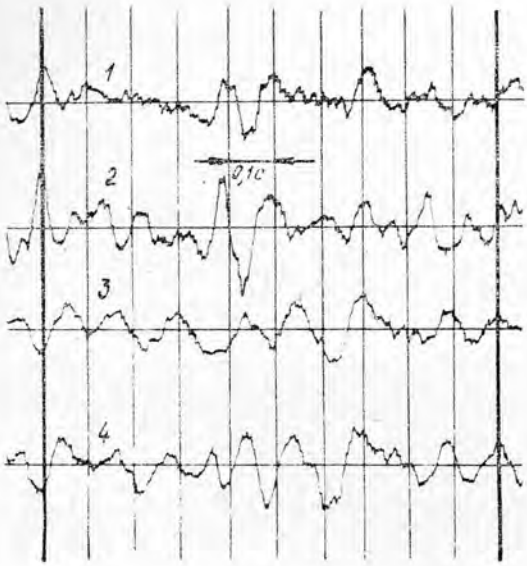


Рис. 2. Образец осциллограммы.

1 — ускорение левой части кузова; *2* — ускорение левого колеса; *3* — ускорение правой части кузова; *4* — ускорение правого колеса.

Образец осциллограммы показан на рис. 2. Результаты опытов обрабатывали методом математической статистики [1], для чего полученные данные были разбиты на 12 разрядов.

Как известно [4], число разрядов K можно определить по формуле

$$K = 1{,}87\,(n-1)^{2/5},$$

где n — количество точек по правой и левой колеям (99).

Возвышение принимающего конца плиты над сдающим считали положительным, понижение — отрицательным, так же, как и вертикальные ускорения.

При обработке осциллограмм определяли вертикальные ускорения кузова и колес автомобиля, вызванные неровностями в стыках плит (пороговыми уступами).

На рис. 3 приведены гистограммы вертикальных ускорений кузова *(а)* и колеса *(б)*. Провалы в гистограммах можно объяснить, по-видимому, недостаточным количеством экспериментальных точек. Частоты ускорений распределяются по нормальному закону.

Оценки статистических характеристик: неровностей плит в стыках, вертикальных ускорений кузова и вертикальных ускорений колес автомобиля — сведены в табл. 1.

Коэффициенты корреляции, вычисленные по приведенным формулам, равны

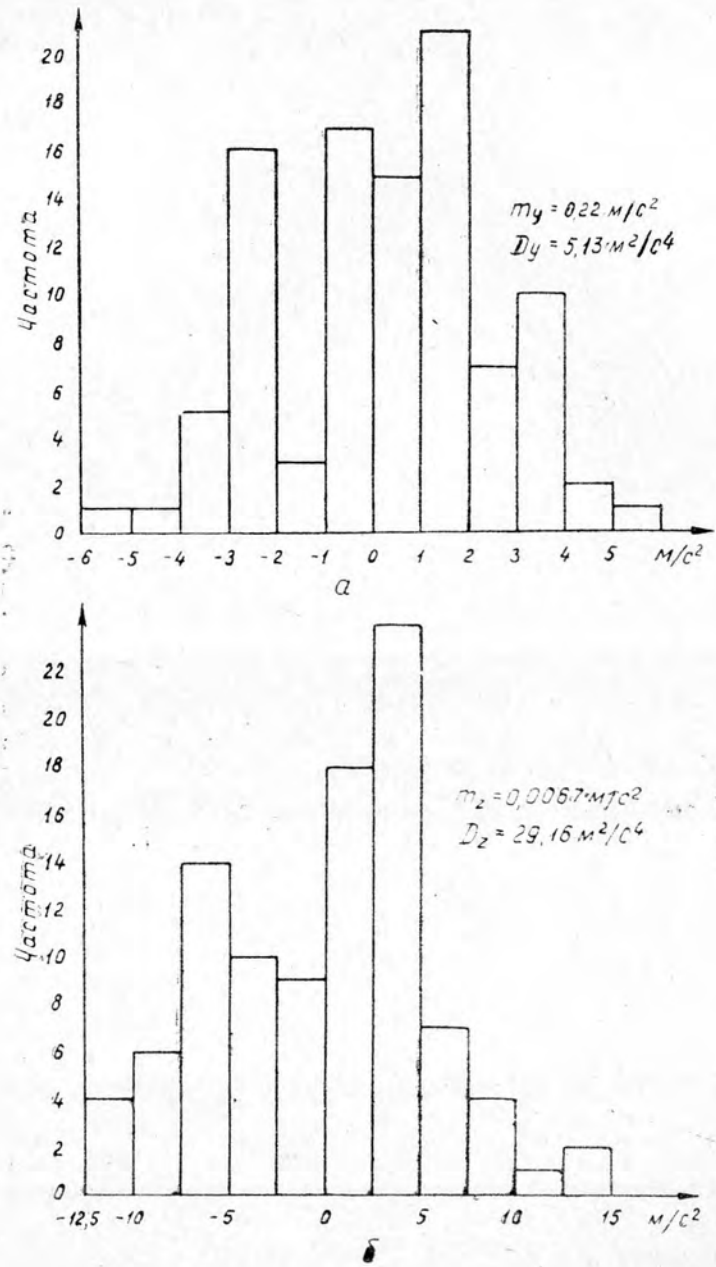


Рис. 3.

Таблица 1

Характеристики	Среднее арифметическое	Дисперсия D	Среднее квадратическое отклонение σ
Неровности в стыках	0,105 см	1,49 см²	1,22 см
Вертикальные ускорения кузова	0,22 м/с²	5,13 м²/с⁴	2,26 м/с²
Вертикальные ускорения колес	0,007 м/с²	29,16 м²/с⁴	5,40 м/с²

$$r_{xy} = \frac{\sum_{1}^{n} (x_i - m_x)(y_i - m_y)}{(n-1)\,\sigma_x \sigma_y} = 0{,}61;$$

$$r_{xz} = \frac{\sum_{1}^{n} (x_i - m_x)(z_i - m_z)}{(n-1)\,\sigma_x \sigma_z} = 0{,}77;$$

$$r_{yz} = \frac{\sum_{1}^{n} (y_i - m_y)(z_i - m_z)}{(n-1)\,\sigma_y \sigma_z} = 0{,}89,$$

где x — высота неровностей микропрофиля в стыках плит, см;
y — вертикальные ускорения кузова автомобиля, м/с^2;
z — вертикальные ускорения колес автомобиля, м/с^2;
m — ошибка среднего арифметического.

Довольно высокие значения коэффициентов корреляции дают возможность предположить весьма тесную корреляционную связь между статистическими характеристиками.

Корреляционные зависимости между неровностями в стыках плит и ускорениями кузова, между неровностями и ускорениями колес и между ускорениями кузова и колес получены методом наименьших квадратов. Эта задача решалась на ЭЦВМ «Минск-32».

Выяснено, что экспериментальные данные наиболее точно аппроксимируются уравнением прямой. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимости	Корреляционные уравнения	Коэффициент корреляции r	Ошибки коэффициента	
			σ_1	σ_2
Ускорения кузова как функция неровностей в стыках	$y = 0{,}095 + 1{,}133x$	0,61	± 0,306	± 0,251
Ускорения колеса как функция неровностей в стыках	$z = -0{,}359 + 3{,}464x$	0,77	± 0,596	± 0,489
Ускорения колеса как функция ускорений кузова	$z = -0.450 + 2{,}125y$	0,89	± 0,443	± 0,195

Ошибки коэффициентов уравнений довольно велики из-за значительного разброса точек.

На рис. 4 показана зависимость вертикальных ускорений колеса от вертикальных ускорений кузова. Экспериментальные данные показаны точками, а корреляционная зависимость — сплошной линией.

Изучение вертикальных ускорений частей автомобиля позволяет опытным путем решить задачу по определению динамических нагрузок на дорогу, а следовательно, и рассчитать динамический коэффициент.

Зная дисперсию вертикальных ускорений подрессоренных частей, приходящихся на заднее колесо, и дисперсию вертикальных ускорений неподрессоренных масс автомобиля, можно определить дисперсию полной динамической нагрузки от заднего колеса автомобиля на дорогу [1]:

$$D(My + M_1 z) = D(My) + D(M_1 z) + 2MM_1 K_{yz} =$$
$$= M^2 D_y + M_1^2 D_z + 2MM_1 K_{yz} = 155{,}76 \cdot 10^4 \text{ кгс}^2,$$

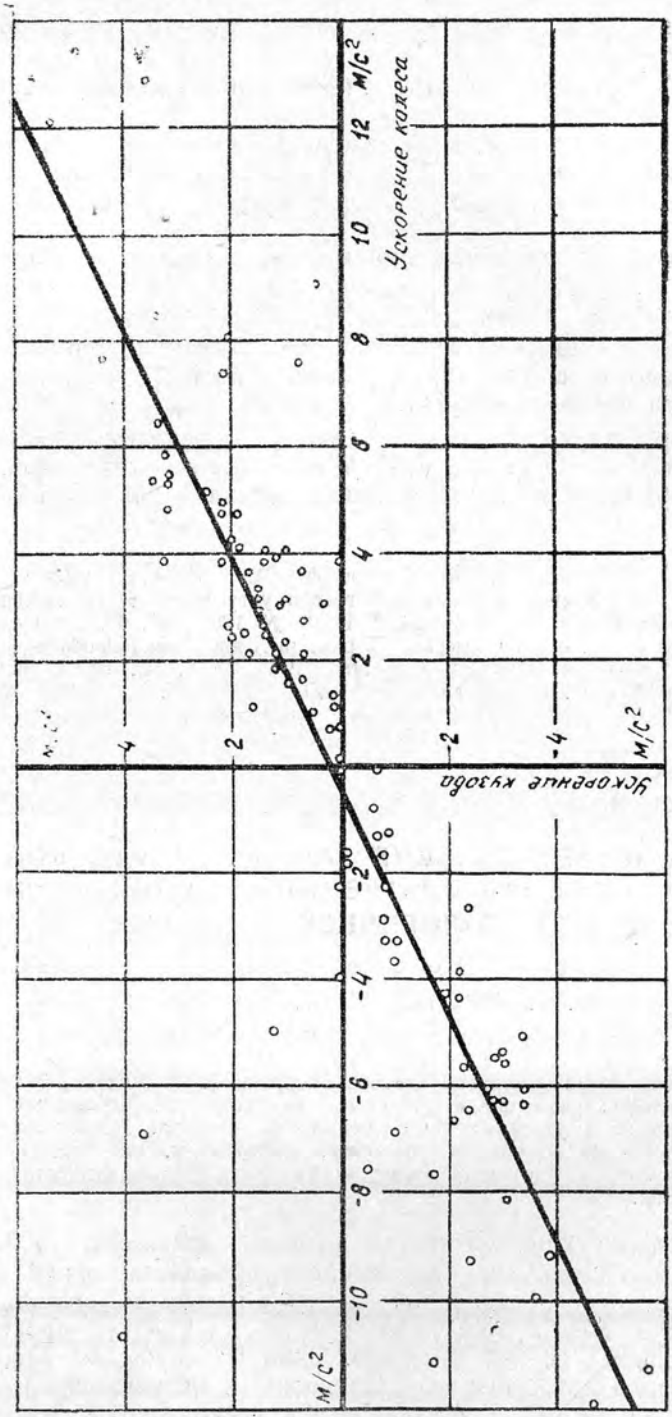


Рис. 4

где M — подрессоренная масса автомобиля МАЗ-509, приходящаяся на заднее колесо;

M_1 — неподрессоренная масса, приходящаяся на заднее колесо автомобиля МАЗ-509;

K_{yz} — корреляционный момент вертикальных ускорений кузова и колеса.

Среднее квадратическое отклонение динамической нагрузки на дорогу $\sigma = 1248$ кгс.

Оценка среднего арифметического динамической нагрузки может быть получена по формуле

$$P_д = Mm_y + M_1 m_z = 88 \text{ кгс}.$$

Следовательно, расчетное динамическое усилие на дорогу

$$P_{р.д} = \overline{P}_д + \lambda\sigma = 3208 \text{ кгс},$$

где λ — нормирующий множитель, который принят равным 2,5 по аналогии с расчетом верхнего строения железнодорожного пути на прочность [4].

Зная динамическую нагрузку, легко определить динамический коэффициент как отношение полной нагрузки к статической. Для условий эксперимента этот коэффициент оказался равным 1,7.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1964. [2]. Демидов А. С. К обоснованию величины порогового уступа стыка на колейной железобетонной лесовозной дороге. — Труды ЦНИИМЭ, № 129, 1973. [3]. Силуков Ю. Д., Плужников В. И. Статистические характеристики микропрофиля лесовозных дорог. — «Автомобильная промышленность», 1973, № 5. [4]. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. М., «Транспорт», 1969.

Поступила 26 ноября 1974 г.

УДК 620.179 : 674.038.18

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ ГАММА-ДЕФЕКТОСКОП ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ГНИЛЕЙ В ХЛЫСТАХ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПОТОКЕ

Ю. И. ЕРЕМЕЕВ, А. Н. КАРМАДОНОВ, А. Н. КИСЕЛЕВ, Ю. И. ЛИТОВЧЕНКО, А. В. МОЗЫРИН

Томский политехнический институт, НИИ электронной интроскопии

Рассмотрены вопросы построения радиометрических средств контроля размерно-качественных характеристик древесных стволов в условиях технологического потока. Приведены блок-схема алгоритма обработки информации, описание и результаты испытаний экспериментального образца дефектоскопа.

При разделке хлыстов потери деловой древесины и снижение сортности вырабатываемых сортиментов происходят из-за неточного разделения деловой и дровяной частей хлыста; последняя в основном определяется наличием недопустимых по ГОСТу пороков — напенных, стволовых гнилей и сучков. Один из наиболее важных моментов контроля качества — обнаружение и определение размеров и местоположения гнилей в хлыстах перед раскряжевкой. Исследования и разработка радиационных методов и средств автоматического неразрушающего контроля лесоматериалов в технологическом потоке ведутся в НИИ электронной интроскопии (г. Томск).

Полученные к настоящему времени результаты [1], [2], [4], [5], [7] легли в основу создания экспериментального радиометрического

гамма-дефектоскопа «Тайга», который установлен и прошел производственные испытания на поточной линии типа ПЛХ-ЗАС нижнего склада Тимирязевского леспромхоза [6].

Основное назначение дефектоскопа — автоматическое обнаружение гнилей в хлыстах, перемещаемых продольным транспортером. Результаты контроля фиксируются на световом табло, установленном в пультовой оператора, в виде дискретной электрической модели хлыста (шаг дискреты 0,25 м), состоящей из двух линеек индикаторов. На одной из них осуществляется индикация длины, на другой — размера и местоположения гнилей. Тем самым оператор получает возможность выбрать программу раскроя хлыста, используя результаты визуального осмотра и дефектоскопического контроля.

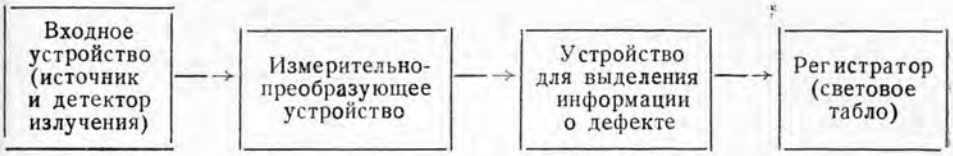


Рис. 1. Структурная схема гамма-дефектоскопа «Тайга».

Гамма-дефектоскоп (рис. 1) представляет собой информационно-измерительную систему, которая предназначена для преобразования поля излучения, создаваемого при просвечивании круглых лесоматериалов пучком гамма-квантов от вращающегося источника излучения. При этом аппаратура дефектоскопа реализует измерение сигналов, возникающих на выходе детектора в интервалы времени $t_1 - t_2$ и

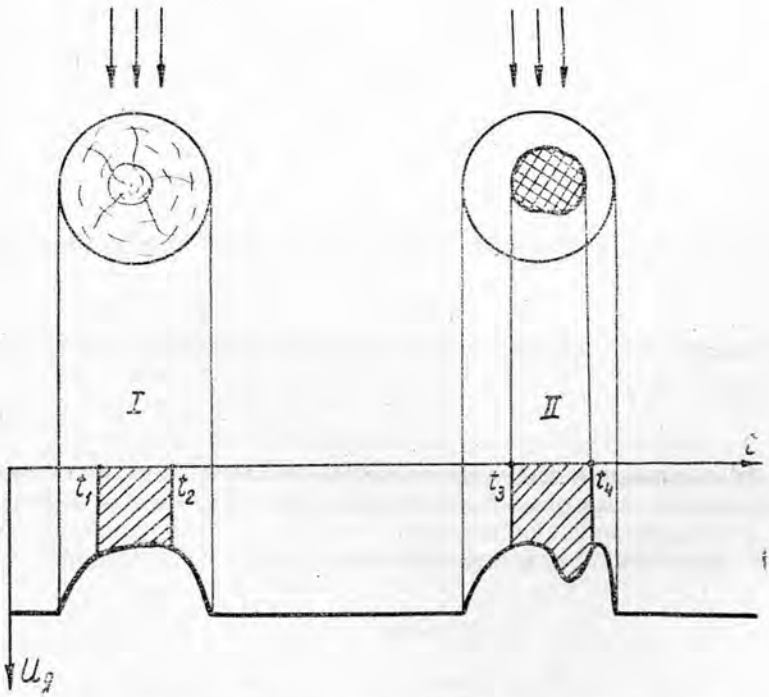


Рис. 2. Изменение сигнала на выходе детектора излучения.

$t_3 - t_4$, соответствующие просвечиванию центральной части первого и второго сечений хлыста (рис. 2), а также обработку и сравнение измерительных сигналов по определенному алгоритму. Оптимальным вариантом аппаратуры гамма-дефектоскопа круглых лесоматериалов следует считать такой, при котором сигналы обрабатываются и сравниваются в три этапа [3]:

1) формирование в интервалы времени $t_1 - t_2$ и $t_3 - t_4$ напряжений (токов), пропорциональных входным сигналам;

2) сравнение полученных величин, формирование модуля результата сравнения;

3) сравнение сформированного модуля (напряжения, тока) с пороговой величиной F_0, пропорциональной толщине контролируемого лесоматериала и одному из входных сигналов.

Таким образом, можно записать уравнение, связывающее параметры источника излучения, контролируемого лесоматериала и аппаратуры,

$$\frac{ap\,S_{\text{дет}}\,\varepsilon k}{4\pi R^2}\left|\int_{t_1}^{t_2} B(t)\,e^{-\mu\rho_1(t)\,x(t)}\,dt - \int_{t_3}^{t_4} B(t)\,e^{-\mu\rho_2(t)\,x(t)}\,dt\right| \geqslant$$

$$\geqslant F_0\left(x, \int_{t_1(t_3)}^{t_2(t_4)} B(t)\,e^{-\mu\rho_{1(2)}(t)\,x(t)}\,dt\right),$$

здесь a — активность источника излучения;
p — выход квантов на 1 акт распада;
$S_{\text{дет}}$ — площадь детектора излучения;
ε — эффективность регистрации излучения;
k — коэффициент передачи;
R — фокусное расстояние;
$B(t)$ — фактор накопления;
μ — массовый коэффициент ослабления излучения в древесине;
$\rho_1(t); \rho_2(t)$ — текущие значения плотности древесины в первом и втором сечениях хлыста соответственно;
$x(t)$ — текущее значение толщины хлыста.

Тогда основные циклы алгоритма дефектоскопа можно сформулировать следующим образом (рис. 3):

1) получение напряжений U_1 и U_2, пропорциональных интегральным значениям потока излучения за объектом в двух поперечных сечениях ствола за каждый оборот источника излучения;

2) сравнение этих напряжений между собой по схеме разности

$$\Delta U = U_1 - U_2;$$

3) формирование сигналов, длительность τ_1 и τ_2 которых пропорциональна диаметру каждого из контролируемых сечений;

4) формирование порогового напряжения, пропорционального текущему диаметру и одному из интегральных значений потока излучения

$$U_{\text{пор}} = kU_x U_{1(2)};$$

5) сравнение величин ΔU и $U_{\text{пор}}$ на пороговом усилителе, то есть получение сигнала о наличии гнили;

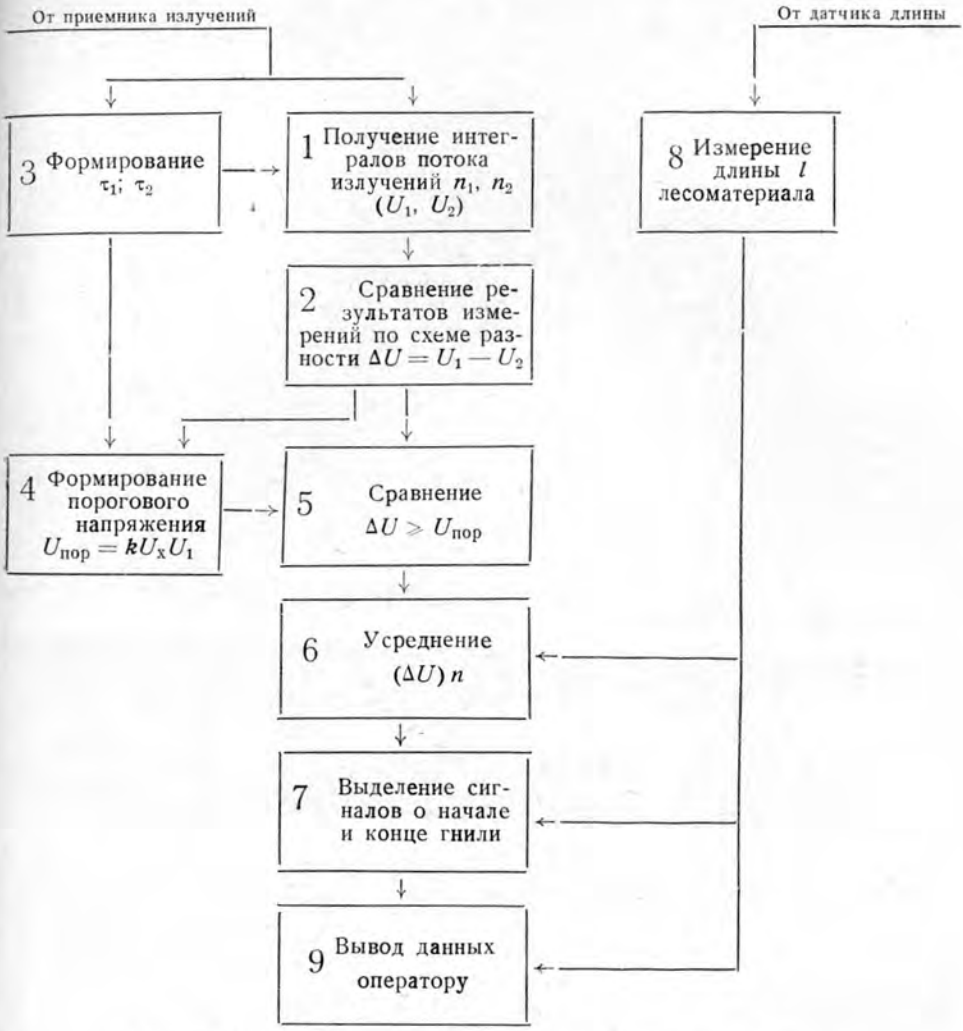


Рис. 3. Основные циклы алгоритма дефектоскопа «Тайга».

6) получение и анализ среднего значения нескольких измерений с целью исключения ложной информации;

7) выделение из полученной информации сигналов о начале и конце пораженных гнилью участков;

8) измерение длины контролируемого хлыста и протяженности пораженных гнилью участков;

9) вывод на световое табло информации о длине хлыста, местоположении и протяженности пораженных гнилью участков.

Такое построение радиометрического дефектоскопа позволяет автоматически обнаруживать гнили и измерять длину хлыстов при продольной подаче [3]. Приводим технические характеристики дефектоскопа:

Наибольшая длина контролируемых лесоматериалов	— 25 м
Диапазон контролируемых толщин	— 10÷ 80 см
Производительность контроля	— 0,5÷ 2 м/с

Минимальный выявляемый дефект — гниль третьей стадии диаметром 0,25 диаметра хлыста в месте обнаружения

Тип источника гамма-излучения — изотопный

Tm^{170} — 0,5 г-экв

Se^{75} — 2 г-экв

Основная задача производственных испытаний гамма-дефектоскопа «Тайга», проведенных в 1971—1972 гг., заключалась в экспериментальной проверке его работоспособности и соответствия назначению. Было «просвечено» около 100 хлыстов хвойных (сосна, ель, пихта, кедр, лиственница) и лиственных (береза, осина) пород с характерными напенными и стволовыми гнилями различных типов. Диапазон диаметров контролируемых лесоматериалов — 10 ÷ 60 см, длина — до 15 м.

Результаты пробных раскряжевок показали, что в 90% случаев дефектоскопический контроль правильно отображал расположение гнилей в хлыстах, в остальных случаях гнили были ранних стадий или малых размеров [3]. С помощью подобных радиометрических гамма-дефектоскопов можно надежно обнаруживать гнили третьей стадии с поперечным размером не менее 0,25 диаметра ствола. При этом точность определения местоположения и длины распространения гнили в основном определяется дискретой вывода информации на световое табло (рис. 4) и составляет ±0,25 м. Уменьшение дискреты дает повышение точности.

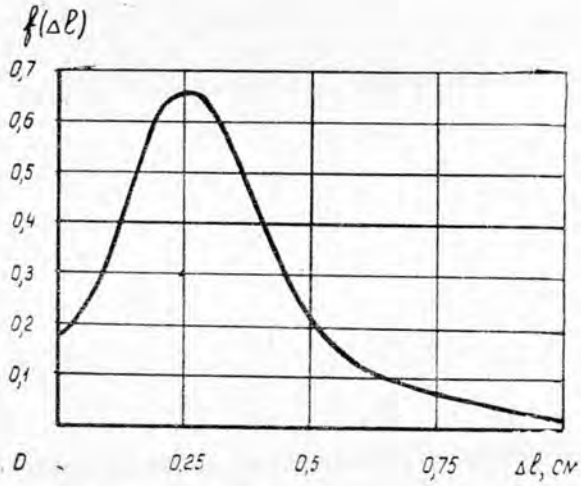


Рис. 4. Результаты обнаружения конца напенных гнилей с помощью гамма-дефектоскопа.

Таким образом, разработка и производственные испытания экспериментального гамма-дефектоскопа «Тайга» подтвердили перспективность радиометрических средств автоматизации дефектоскопии хлыстов на поточных линиях.

Предварительная оценка применения дефектоскопов типа «Тайга» в технологическом потоке показала, что экономический эффект, который может быть получен от внедрения одной установки, составляет около 67 тыс. р. в год [3]. Этот эффект достигается прежде всего за счет увеличения (в среднем на 3,29%) выхода деловой древесины при

рациональной разделке и откомлевке хлыстов, с учетом их длины, а также протяженности и местоположения недопустимых по ГОСТу гнилей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Горбунов В. И., Кармадонов А. Н. и др. Применение радиоизотопов для обнаружения дефектов в круглом лесе.— В сб.: Радиационная дефектоскопия. М., ЦНИИ ТЭИ, 1970. [2]. Горбунов В. И., Кармадонов А. Н. и др. Способ обнаружения гнилей в круглом лесе. Авт. свид. № 298878 от 30 июля 1969 г. Бюллетень изобретений, 1971, № 11. [3]. Исследование взаимосвязи сортности древесины с выходными сигналами дефектоскопа и выдача рекомендаций для разработки программного устройства. Отчет НИИ ЭИ. Томск, 1973. [4]. Кармадонов А. Н., Литовченко Ю. И. и др. О выборе метода контроля качества древесины. — Сб. трудов ИЛД СО АН СССР. Красноярск, 1969. [5]. Кармадонов А. Н., Литовченко Ю. И. и др. Выбор и обоснование геометрических параметров радиационного метода контроля качества круглого леса при продольной подаче по транспортеру. — В сб. ИЛД СО АН СССР «Исследование древесины и материалов на ее основе», Красноярск, 1971. [6]. Кармадонов А. Н. и др. Опытная дефектоскопическая установка для контроля качества круглой древесины в технологическом потоке. — «Стандарты и качество», 1972, № 9. [7]. Щетинин Ю. М. Исследование сцинтилляционного метода гамма-контроля древесины, Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Новосибирск, 1968.

Поступила 29 октября 1974 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 634.0.824.7.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

М. С. МОВНИН, Ю. И. ЦОЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследована природа клеевого соединения натуральной и модифицированной полиметилметакрилатом древесины.

Высокое качество склеивания древесины обусловлено различными факторами: полнотой контакта между склеиваемыми материалами; природой клея; состоянием склеиваемых поверхностей; природой адгезионных связей, образующихся при пьезотермообработке, и т. д.

В настоящей работе изложены результаты исследований природы клеевого соединения (вид адгезионных связей, характер распределения адгезива) натуральной и модифицированной полиметилметакрилатом (радиационно-химическим способом) древесины березы, используемой для лицевого покрытия в производстве паркетных щитов и досок.

Картина распределения адгезива в древесине была изучена с помощью микроскопа МБС-2 на образцах размером 40×20×15 мм и отснята на пленку микрат-300 при 70-кратном увеличении.

Режим пьезотермообработки при склеивании древесины: удельное давление склеивания 20—25 кгс/см²; температура плит пресса 100—120°С; время выдержки в прессе под давлением при данной температуре 10—15 мин; водяное охлаждение плит пресса при указанном давлении 10—15 мин. В качестве связующего использовали феноло-формальдегидные клеи ВИАМБ-3, КБ-3, ВИАМФ-9.

Прочностные характеристики склеенной древесины определяли по ГОСТу 862—69 «Изделия деревянные для паркетных покрытий». Расход клея составлял 200—250 г/м², влажность древесины 8—10%.

Как известно, древесина — высокопористый субстрат, пронизанный капиллярами, каналами, порами и ячейками различных размеров. Основной элемент древесины — полые волокна, состоящие из вытянутых в длину клеток. Радиальный размер волокон 20—40 мк, толщина стенок 2—8 мк, длина 2—50 мм. Кроме того, имеются тонкостенные широкополостные трубки-сосуды. Стенки волокон и сосудов имеют отверстия и щели. Количество пор у хвойных пород доходит до нескольких десятков на 1 мм длины волокна [3].

Приведем в качестве примера объемы полостей волокон древесины (в процентах) некоторых пород [2]: ель 72; сосна 67; лиственница 64; береза 61; дуб 57; бук 55.

При пьезотермообработке адгезив проникает в глубь натуральной древесины, закрепляясь в порах и каналах, обеспечивая тем самым более тесный контакт и большую поверхность соприкосновения (рис. 1).

Модифицированная древесина представляет собой древопласт (ДПМ), полученный путем вакуумирования натуральной древесины и пропитки ее под давлением различными мономерами. Мы исследовали древесину березы, модифицированную полиметилметакрилатом.

После окончания пропитки избыток мономера удаляют, а контейнер с древесиной помещают в поле гамма-излучения, под действием

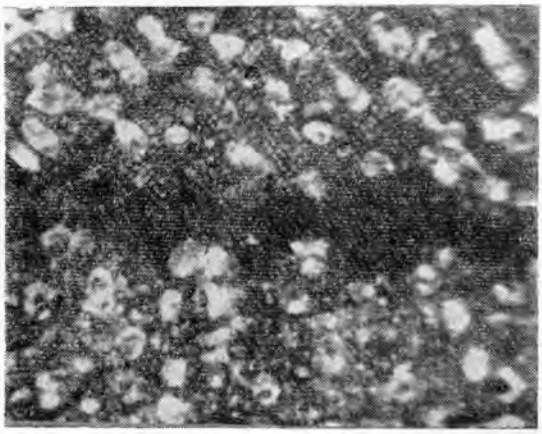


Рис. 1. Микрофотография клеевого соединения натуральной древесины (вид с торца).

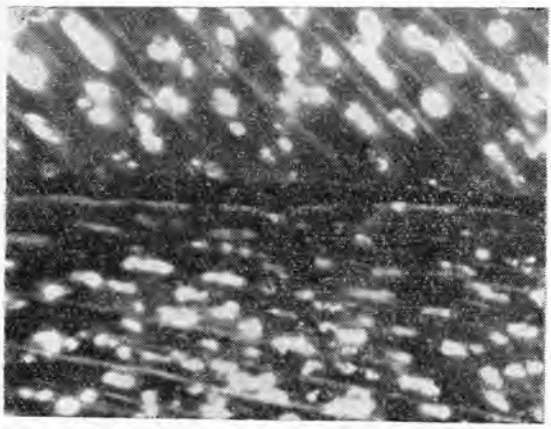


Рис. 2. Микрофотография клеевого соединения модифицированной полиметилметакрилатом древесины (вид с торца).

которого и происходит полимеризация мономера. Полученный таким способом древопласт обладает повышенными физико-механическими свойствами.

Авторами были проведены исследования с древопластом, содержащим более 50% модифицирующего агента, то есть практически все поры, ячейки и каналы древесины заполнены полимером.

При склеивании такого материала (рис. 2) прочность клеевого соединения на отрыв составляет 7—9 кгс/см^2, а для натуральной древесины 9—11 кгс/см^2, что в 1,5—2 раза выше требований ГОСТа.

Нами были проведены исследования клеевого соединения натуральной древесины и ДПМ методом ИК-спектроскопии [1], который позволил установить наличие адгезионной связи молекулярного характера между адгезивом и субстратом. Были сняты ИК-спектры поглощения «чистой» древесины сосны и древопласта без клея, а также с клеем после пьезотермообработки.

Как видно из рис. 3, спектр чистой древесины характеризуется следующими полосами поглощения (кривая *2)*: 1250 см$^{-1}$ (характерны для С—О—С групп); 3450 см$^{-1}$ (соответствуют валентным колебаниям

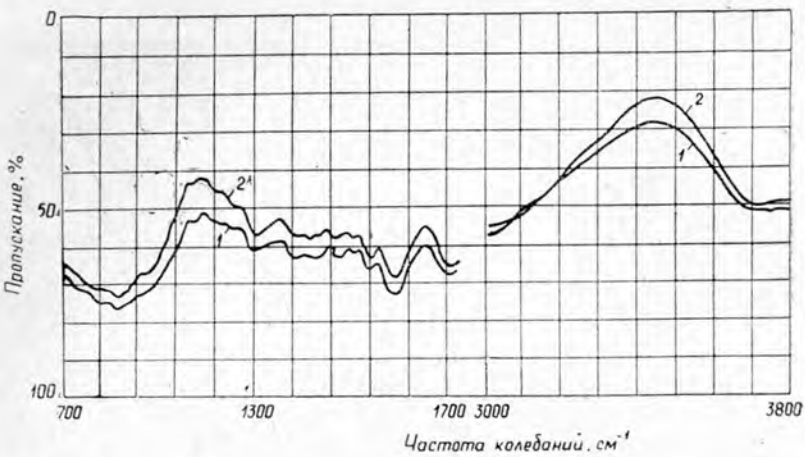


Рис. 3. Инфракрасные спектры поглощения.

1 — древесины сосны с клеем после пьезотермообработки; *2* — чистой древесины сосны.

водородных связей); 900 см$^{-1}$ (связаны с кристалличностью древесины); 1650 см$^{-1}$ (характерны для лигнина).

В спектре поглощения древесины сосны с клеем после пьезотермообработки (кривая *1*) исчезают полосы 1650 и 900 см$^{-1}$, значительно уменьшаются полосы 1250 и 3450 см$^{-1}$. Это позволяет сделать вывод о молекулярной природе адгезионных связей.

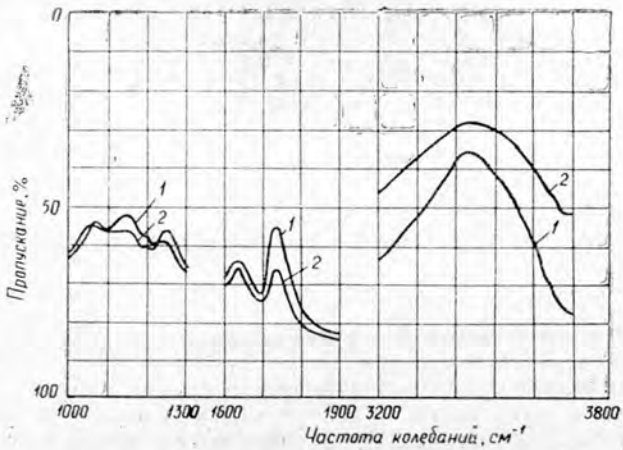


Рис. 4. Инфракрасные спектры поглощения.

1 — модифицированной ПММА древесины; *2* — модифицированной древесины с клеем после пьезотермообработки.

Приведенные на рис. 4 инфракрасные спектры поглощения ДПМ с клеем также говорят о наличии молекулярной связи между адгезивом и древопластом. В ИК-спектре модифицированной полиметилметакрилатом древесины (кривая *1*) имеются характерные полосы поглощения: 3450 см$^{-1}$ (соответствует валентным колебаниям водородных

связей); 1150 $см^{-1}$ (характерна для С—О—С групп); 1750 $см^{-1}$ (связана с валентными колебаниями карбонильной группы).

Спектр поглощения ДПМ с клеем после пьезотермообработки (кривая *2*) характеризуется некоторыми изменениями. Прежде всего, исчезает полоса, соответствующая валентным колебаниям С—О—С групп, значительно уменьшаются полосы, связанные с колебаниями водородных связей и карбонильной группы, что свидетельствует о наличии адгезионной связи молекулярного характера.

Таким образом, установлено, что при склеивании натуральной древесины высокая прочность клеевого соединения обусловлена как явлением затекания адгезива в поры и ячейки древесины, так и адгезионными силами молекулярного характера, возникающими между клеем и субстратом при склеивании. Для модифицированного древопласта аналогичной картины затекания адгезива в каналы и поры не наблюдается, а достаточная прочность, склеивания обусловлена адгезионными связями молекулярного характера между клеем и ДПМ.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., «Мир», 1965. [2]. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. М.—Л., Изд. АН СССР, 1962. [3]. Перелыгин Л. М. Строение древесины. М., Изд. АН СССР, 1954.

Поступила 14 апреля 1975 г.

УДК 634.0.824.86

ИСПЫТАНИЕ НА СТАРЕНИЕ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. М. ХРУЛЕВ, В. А. ЗАБУРУНОВ, Г. М. ШУТОВ

Новосибирский инженерно-строительный институт

Белорусский технологический институт

Изложены результаты опытов, выполненных с целью выявления наиболее пригодного клея для древесины, модифицированной карбамидно-фурановой смолой КФ-90. Установлено, что соединения модифицированной древесины на клее КБ-3 обладают повышенной прочностью и стойкостью к старению.

Одна из важных задач в технологии клееных конструкций — изучение свойств клеевых соединений модифицированной древесины [4]. Известны работы по склеиванию древесины, модифицированной стиролом, фенолоспиртами, полиэфирами, фурановыми соединениями, изучено также поведение клеевых соединений при различных температурно-влажностных воздействиях [2], [3], [6]. В настоящее время значительно расширился ассортимент синтетических смол, используемых для модификации древесины. Так, например, древесина, модифицированная карбамидно-фурановой смолой КФ-90 (МРТУ 6-05-1310—71), имеет малую возгораемость [5], однако она плохо скрепляется механическим способом, поэтому при изготовлении строительных конструкций и изделий важной становится проблема ее склеивания. С целью выявления наиболее пригодного клея в данной работе изучено влияние степени модификации на старение, водостойкость и прочность клеевых соединений модифицированной и натуральной древесины березы.

Таблица 1

Группа склейки	Характеристика древесины	Склеиваемая пара	
		1	2
I	Модифицированная	$\gamma = 1{,}05$ г/см³	$\gamma = 1{,}05$ г/см³
II	»	$\gamma = 0{,}96$ г/см³	$\gamma = 0{,}96$ г/см³
III	Натуральная	$\gamma = 0{,}59$ г/см³	—
	Модифицированная	—	$\gamma = 1{,}05$ г/см³
IV	Натуральная	$\gamma = 0{,}59$ г/см³	$\gamma = 0{,}59$ г/см³

Для склеивания были выбраны феноло-формальдегидный клей КБ-3 (ТУ 6-05-1440—71) и алкилрезорциновый ФР-100 (ТУ Б-05-1638—73). Заготовки склеивали радиальными плоскостями при удельном давлении 10 кгс/см². Подбор древесины для клееных заготовок и порядок склеивания показан в табл. 1. Расход клея 250—300 г/м³. Время выдержки под давлением 24 ч. Из скленных заготовок вырезали образцы согласно руководству [1] и малые образцы (10×20×20 мм) для изучения старения клеевых соединений ускоренным методом. Время с момента склеивания заготовок до момента изготовления образцов 12 суток.

Таблица 2

Образцы	Плотность древесины, г/см³	Степень пропитки, %	Статистические показатели					
			R	v, %	p, %	R	v, %	p, %
			Клей ФР-100			Клей КБ-3		
Модифицированная древесина								
В сухом состоянии	1,05	54,4	125/58	5,2	1,5	136/74	3,9	1,1
	0,96	42,8	108/94	9,7	1,9	122/87	7	2
После увлажнения в воде в течение 200 ч при 22° С	1,05	54,4	96/38	3	0,9	105/68	2,9	0,9
	0,96	42,8	82/52	4,4	1,2	89/86	2,7	0,8
	1,05 0,96	54,4 42,8	77* 76*			77* 73*		
Модифицированная древесина, склеенная с натуральной								
В сухом состоянии	1,05	54,4	115/37	8,0	2,5	129/44	8,5	2,8
После увлажнения в воде в течение 200 ч при 22°С	1,05	54,4	84/26 73*	3,7	1,0	92/38 71*	3,8	0,8
Натуральная древесина								
В сухом состоянии	0,68	—	102/80	6	2,8	111/86	7,1	2,7
После увлажнения в воде в течение 200 ч при 22°С	0,68	—	76/61 74*	2,6	0,9	84/52 76*	2,9	1,0

Примечание. В числителе данные прочности при скалывании по клеевому шву вдоль волокон, кгс/см²; в знаменателе — процент разрушения по древесине. Цифры со звездочкой — относительная прочность клеевых соединений в процентах.

Образцы испытывали на скалывание вдоль волокон в сухом состоянии (влажность 7—10%) при температуре 22°С и относительной влажности воздуха 65%, а также сразу после 200-часового вымачивания в дистиллированной воде с температурой 20°С. Результаты испытаний клеевых соединений древесины березы, модифицированной карбамидно-фурановой смолой КФ-90, приведены в табл. 2.

Из данных этой таблицы видно, что наибольшей прочностью обладают клеевые соединения древесины с высокой степенью пропитки. Лучшие результаты получаются при использовании клея КБ-3: разрушение происходит преимущественно по древесине. Соединения на ФР-100 разрушаются, в основном, по клею.

Ускоренное старение проводили при интенсивной тепло-влажностной обработке. За начальное (контрольное) значение принимали среднюю прочность 15 образцов, вымоченных в воде в течение двух суток.

Далее образцы нагревали в воде при 60, 80, 100°С и испытывали на скалывание вдоль волокон по 10 шт. из каждой партии через 12, 24, 48, 72, 96 и 120 ч непрерывной водообработки. По результатам испытаний строили графики в координатах процент снижения прочности — продолжительность водообработки (рис. 1).

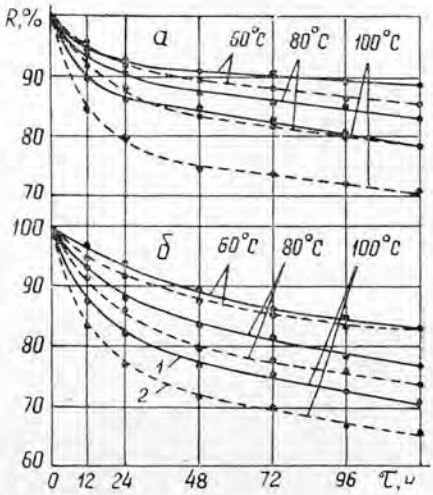


Рис. 1. Изменение прочности клеевых соединений модифицированной (*а*) и натуральной (*б*) древесины при ускоренном тепловом старении.

1 — клей КБ-3; *2* — клей ФР-100.

Из рис. 1 видно, что с увеличением продолжительности термообработки и при возрастании температуры опытов наблюдается разница в поведении соединений модифицированной и натуральной древесины на клеях КБ-3 и ФР-100. Так, прочность соединений модифицированной древесины на клее КБ-3 снижается менее интенсивно, чем на ФР-100, что объясняется различием влажностных напряжений. Наблюдается меньшее старение клеевых соединений модифицированной древесины, чем натуральной. Очевидно, это происходит за счет уменьшения диффузионной проницаемости модифицированной древесины.

Скорость теплового старения экспериментально зависит от температуры и может быть оценена величиной энергии активации, под которой подразумеваем некоторую условную энергетическую характеристику, позволяющую судить о структурных изменениях в клеевом шве.

Энергию активации процесса старения клеевых соединений древесины E, кал/моль, находим из известного уравнения

$$\frac{1}{\tau} = Ae^{-\frac{E}{RT}},$$

где τ — время снижения прочности до заданной величины, ч;

A — вероятностный фактор, $ч^{-1}$;

e — основание натурального логарифма;

E — энергия активации процесса старения, кал/моль;

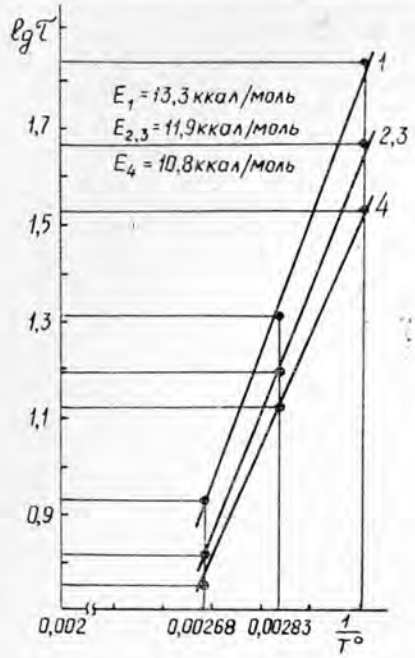


Рис. 2. Зависимость логарифма долговечности клеевых соединений модифицированой (*1, 2*) и натуральной (*3, 4*) древесины от температуры.

1, 3 — для клея КБ-3; *2, 4* — для клея ФР-100.

T — температура старения, °К;
R — универсальная газовая постоянная, равная 1,987 кал/моль-град.

На графиках старения находим время снижения прочности клеевого соединения до уровня 90% от начальной прочности при разных температурах старения. Это осуществляется пересечением кривых старения прямой линией, параллельной оси абсцисс и проходящей на уровне 90% начальной прочности. Уровень 90% избран в качестве предварительного критерия долговечности клеевых соединений для осуществления прогноза.

Пересечение прямой с кривыми старения дает отрезки долговечности, логарифмы которых откладываем на графике, построенном в координатах $\lg \tau - \frac{1}{T}$ (рис. 2). Через полученные точки проводим прямые до пересечения с осью абсцисс. Определив графически тангенс угла α наклона прямой, подсчитаем энергию активации из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E}{2{,}3R}.$$

Найденное значение энергии активации позволяет охарактеризовать степень старения клеевых соединений.

Выводы

1. С повышением плотности модифицированной древесины и степени пропитки смолой прочность клеевых соединений возрастает, прогнозируемая долговечность соединений повышается (энергия активации процесса возрастает с 8,2 до 13,3 ккал/моль).

2. Более высокие и стабильные показатели прочности получены для соединений на клее КБ-3.

3. Старение клеевых соединений модифицированной древесины происходит менее интенсивно, чем натуральной (значение энергии активации процесса старения соединений у модифицированной древесины 13,3 и 11,9 ккал/моль, у натуральной 11,8 и 10,8 ккал/моль соответственно для клеев КБ-3 и ФР-100).

4. Старение соединений на клее КБ-3 происходит менее интенсивно, чем на клее ФР-100.

5. Для склеивания древесины березы, модифицированной карбамидно-фурановой смолой КФ-90, более пригоден клей КБ-3 фенолоформальдегидный холодного отверждения, обеспечивающий получение прочных и надежных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины. М., Стройиздат, 1973. [2]. Хрулев В. М. Склеивание древесины, модифицированной стиролом. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 2. [3]. Хрулев В. М. Долговечность клеевых соединений древесины, пропитанной синтетическими олигомерами. — ИВУЗ, «Строительство и архитектура», 1969, № 2. [4]. Хрулев В. М., Шутов Г. Д., Мельников Е. Г. Склеивание модифицированной древесины и перспективы ее применения. Минск, БелНИИНТИ, 1971. [5]. Хрулев В. М., Рыков Р. И. Склеивание древесины, антипирированной кремнийорганическими полимерами. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 3. [6]. Шутов Г. М. Физико-механические свойства древесины, модифицированной фурановыми соединениями. — В сб.: Пластификация и модификация древесины. Рига, «Зинатне», 1970.

Поступила 23 апреля 1975 г.

УДК 674.053 : 621.933.6

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ РАМНЫХ ПИЛ В ПИЛЬНОЙ РАМКЕ

Е. М. БОРОВИКОВ, И. В. МИЛЬЧЕНКО

Архангельский лесотехнический институт

Приведены данные исследования по перемещению и деформируемости рамных пил в зависимости от условий установки в пильную рамку. Эти данные необходимо учитывать при рассмотрении вопросов о работе пилы в процессе пиления и выборе расчетной схемы, а также при конструировании оснастки для закрепления пилы в пильной рамке.

Некоторые авторы [3—5] рассматривают деформации рамных пил на участке между прокладками, которые считают жесткими опорами. Однако при исследовании закономерностей изменения горизонтальной составляющей силы резания в течение одного оборота коленчатого вала необходимо иметь данные не только о деформации полотна пилы между прокладками, но и об общем смещении зубчатой кромки в месте контакта ее с распиливаемым материалом с учетом возможных перемещений в захватах и прокладках.

С этой целью нами изучены вопросы влияния величины силы натяжения полотна пилы, условий установки захватов и степени обжатия пил прокладками на перемещения и деформации рамных пил.

Наблюдения проводили на экспериментальной установке [2]. В пильной рамке центрально устанавливали одну пилу, которую нагружали через деревянную прокладку (длиной 200 мм) при помощи специального нажимного устройства, передающего горизонтальное силовое воздействие P_x на пилу строго в плоскости наибольшей жесткости ее, что исключает возникновение сил, изгибающих полотно в боковом направлении.

Использовали пилы невальцованные, длиной 1400 мм, с шагом 26 мм. Угловые параметры плющеных зубьев соответствовали ГОСТу 5524—65. Пилы в захватах закрепляли специальными стопорами, чтобы устранить возможные смещения. Для зажима пилы использовали березовые прокладки сечением 480 (160×30) мм^2; длина правых прокладок 210 мм, левых 290 мм. Величину прикладываемого силового воздействия P_x контролировали динамометром ДОСМ-1. Общее смещение полотна пилы с захватами и прокладками в плоскости наибольшей жесткости полотна и его деформацию, а также возможные боковые перемещения зубчатой кромки и затылка пилы по линии приложения силы P_x измеряли индикаторами. Усилие зажима прокладок регистрировали тензорезисторами по прибору ИД-63. Места установки индикаторов и прокладок показаны на рис. 1, *а*. Величину натяжения полотна пилы контролировали также по прибору ИД-63 при помощи тензорезисторов, наклеенных на стебель верхнего захвата.

Пилы устанавливали в захватах, оси которых совпадали со средней линией ширины пилы. Место приложения нагрузки P_x к пиле выбирали с учетом создания максимальных изгибающих моментов в плоскости наибольшей жесткости, что соответствует максимальному значению силы отжима на лесопильной раме с ходом 500 мм при угле поворота коленчатого вала на 30° от нижней мертвой точки [1], [5].

В зависимости от цели исследования верхний и нижний захваты устанавливали по двум вариантам: при первом захваты располагали по середине прорезей верхней и нижней поперечин пильной рамки так, чтобы они не упирались в поверхности прорезей; при втором варианте захваты зажимали при помощи специальных приспособлений, что исключало их перемещение в прорезях поперечин.

Для определения влияния силы натяжения полотна пилы Q на его деформацию и перемещения системы установки пилы в пильной рамке замеры проводили при силе натяжения пилы 1400 и 6000 кгс. Сечение пилы 363 (154×2,29) мм². Захваты располагали по первому варианту; обжим прокладок $P_{пр} = 1400$ кгс.

Результаты измерений представлены на рис. 1, *б*, из которого видно, что под действием горизонтальной силы перемещения полотна пилы обусловлены не только его деформацией, но и перемещениями захватов, а также полотна пилы в месте обжима прокладами. Величина перемещений пилы в верхних прокладках значительно больше, чем в нижних, что объясняется, очевидно, конструкцией захватов. Перемещения пил в прокладках и захватах с увеличением усилий натяжения уменьшаются. Так, при максимальном значении $P_x = 500$ кгс и $Q = 1400$ кгс перемещения верхнего конца пилы составляют 1,7 мм, а нижнего 0,4 мм; при $Q = 6000$ кгс — соответственно 0,3 и 0,2 мм. В месте приложения горизонтальной нагрузки P_x, равной 500 кгс, при $Q = 1400$ кгс перемещения составляют 2,8 мм, а при $Q = 6000$ кгс перемещения равны 1,3 мм, то есть уменьшаются почти в два раза.

Деформация пилы на участке между прокладками также уменьшается с увеличением натяжения. Наибольшая деформация наблю-

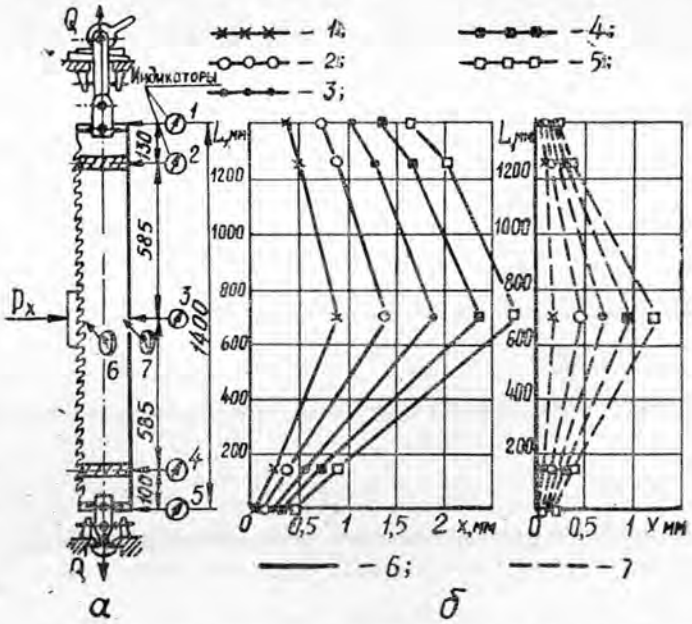


Рис. 1. *а* — схема измерения деформаций и перемещений рамной пилы; *б* — перемещения в системе подвески пилы и ее деформации в зависимости от силы натяжения при действии горизонтальной нагрузки.

1 — $P_x = 100$ кгс; *2* — 200; *3* — 300; *4* — 400; *5* — 500 кгс; *6* — $Q = 1400$ кгс; *7* — 6000 кгс.

дается в зоне действия горизонтальной силы и при максимальной силе $P_x = 500$ кгс составляет соответственно в первом случае 1,7 мм, во втором 1,1 мм, то есть уменьшается примерно в 1,5 раза.

Данные измерений показывают, что при исследуемых условиях натяжения и установки пилы смещения зубчатой кромки в месте приложения горизонтальной нагрузки достаточно велики и складываются из деформации полотна пилы в плоскости наибольшей жесткости и смещений в системе подвески пилы.

Для исследования условий установки захватов в прорезях поперечин пильной рамки на величину смещений системы пила — захваты измеряли перемещения и деформации при $Q = 6000$ кгс без установки прокладок. Сечение пилы 294 (129×2,27) мм², захваты располагали по обоим вариантам.

Результаты измерений приведены на рис. 2, из которого видно, что перемещения верхнего и нижнего концов пилы при установке захватов по второму варианту значительно меньше, чем по первому. Так, при установке захватов по первому варианту и максимальной горизонтальной силе $P_x = 500$ кгс перемещения верхнего конца пилы составляют 2,6 мм, а при установке захватов по второму варианту 0,6 мм, то есть перемещения уменьшаются более чем в 4 раза.

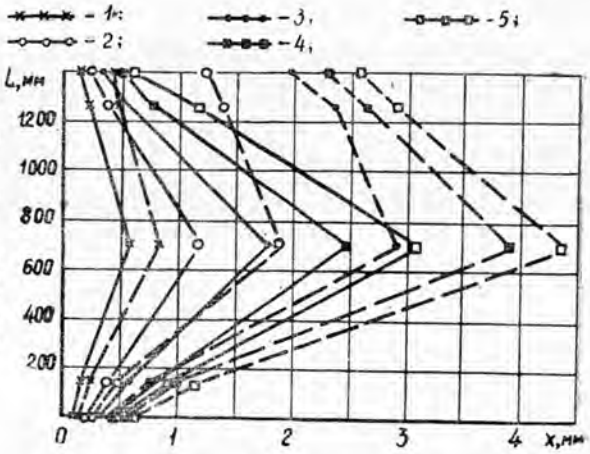


Рис. 2. Зависимость деформируемости системы подвески пилы от условий установки захватов при действии горизонтальной нагрузки.

1 — $P_x = 100$ кгс; *2* — 200; *3* — 300; *4* — 400; *5* — 500 кгс; *6* — захваты не закреплены в прорезях поперечин (1-й вариант); *7* — захваты закреплены в прорезях поперечин (2-й вариант).

Интересно отметить, что условия установки захватов в прорезях влияют не только на перемещения, но и на деформации полотна пилы. Во втором варианте установки захватов деформация полотна пилы увеличивается; так, при горизонтальной силе $P_x = 500$ кгс она достигает 3,3 мм. В случае же установки захватов по первому варианту деформация составляет 2,3 мм, то есть уменьшается в 1,4 раза.

Данные измерений показывают, что при установке пил в пильную рамку и конструировании новых вариантов захватов необходимо учитывать значительное влияние положения стеблей захватов в прорезях поперечин на общие перемещения в системе подвески пилы.

Для исследования влияния степени обжатия пилы прокладками на величину перемещений в системе подвески пилы и ее деформируемость производили измерения при зажиме прокладок с силой $P_{пр}$, равной 0, 700, 1400 и 2000 кгс. Сечение пилы 380 (153×2,49) мм². Натяжение пилы Q составляло 6000 кгс. Установка захватов по первому варианту.

Результаты представлены на рис. 3. Как видно из этого рисунка, перемещения верхнего и нижнего концов пилы уменьшаются с увели-

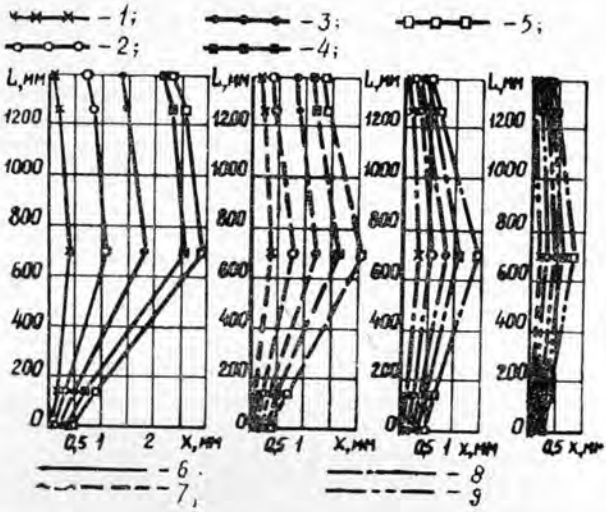


Рис. 3. Зависимость деформируемости системы подвески пилы от степени ее обжатия прокладками при действии горизонтальной нагрузки.

1 — P_x = 100 кгс; *2* — 200; *3* — 300; *4* — 400; *5* — 500 кгс; *6* — $P_{пр}$ = 0 кгс; *7* — 700; *8* — 1400; *9* — 2000 кгс.

чением степени обжатия полотна пилы с прокладками. При горизонтальной силе P_x = 500 кгс для случая максимального обжатия прокладками перемещения верхнего конца пилы составляют 0,25 мм, а для не зажатой в прокладках пилы 2,2 мм, то есть увеличиваются более чем в 9 раз.

Перемещения полотна пилы в местах установки прокладок уменьшаются с увеличением степени обжатия прокладками. Так, при горизонтальной силе 500 кгс и степени обжатия полотна 700, 1400 и 2000 кгс перемещения полотна пилы в верхних прокладках составляют соответственно 0,83; 0,25 и 0,125 мм; перемещение полотна пилы без установки прокладок равно 1,41 мм. При той же горизонтальной силе и таких же величинах обжатия полотна перемещения полотна пилы в нижних прокладках соответственно равны 0,3; 0,17 и 0,08 мм; перемещение полотна пилы без установки прокладок составляет 0,46 мм. Как видно из этих данных, влияние степени обжатия на перемещения полотна пилы в месте установки прокладок наиболее сильно проявляется в начале обжатия полотна прокладками, причем в месте установки верхних прокладок полотно пилы наиболее чувствительно к перемещениям.

Деформации полотна пилы на участке между прокладками также зависят от разной степени обжатия прокладок. Например, при горизонтальной силе P_x = 500 кгс в случае обжатия прокладками 700, 1400 и 2000 кгс деформации полотна пилы соответственно равны 1; 0,77 и 0,46 мм. Для не зажатой в прокладках пилы при тех же условиях установки эти деформации по величине больше и составляют 1,07 мм. Значительные перемещения полотна пилы в месте установки прокладок указывают на то, что прокладки нельзя рассматривать как жесткие опоры.

С целью исследования закономерностей смещения пилы в точке приложения нагрузки P_x построен график (рис. 4), показывающий, что для исследуемых условий установки пилы перемещения изменя-

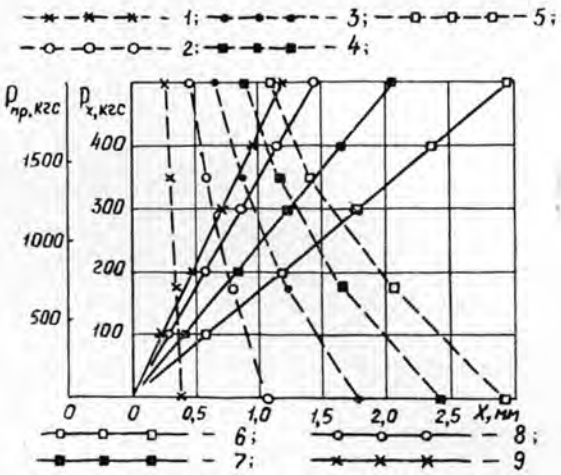


Рис. 4. Зависимость деформаций и перемещений рамной пилы от величины горизонтальной нагрузки и степени обжатия пилы прокладками.

1 — $P_x = 100$ кгс; *2* — 200; *3* — 300; *4* — 400; *5* — 500 кгс; *6* — $P_{пр} = 0$ кгс; *7* — 700; *8* — 1400; *9* — 2000 кгс.

ются линейно с увеличением P_x. С повышением степени обжатия пилы прокладками эта закономерность не меняется, но величина смещения уменьшается.

На этом же графике нанесены кривые, которые показывают интенсивность влияния степени обжатия прокладок на перемещения пилы с увеличением горизонтальной составляющей силы. С увеличением степени обжатия прокладками до 2000 кгс при действии горизонтальной силы в 100 кгс смещение уменьшается в 1,4 раза, а при силе в 500 кгс снижается в 2,6 раза. Это показывает, что влияние степени обжатия прокладок на общее перемещение системы в наибольшей мере проявляется в тех случаях, когда горизонтальная сила значительна. Поэтому в случае малых значений горизонтальной силы, например при малых посылках, прокладки можно обжимать с меньшим усилием, так как степень обжатия прокладок в этом случае практически не влияет на величину перемещения пилы. При больших значениях горизонтальной составляющей силы резания степень обжатия прокладок должна быть возможно большей, так как это значительно уменьшит перемещение пилы.

Указанное обстоятельство позволяет заключить, что при разработке технологических режимов установки пил в пильную рамку целесообразно, кроме натяжения пил, нормировать и степень обжатия их прокладками в зависимости от условий распиловки и режимов пиления.

При проведении всех испытаний измеряли поперечные перемещения зубчатой кромки и затылка полотна пилы в месте приложения горизонтальной силы P_x. Данные измерений показывают, что отклонения зубчатой кромки во всех случаях больше, чем затылка пилы. Максимальное перемещение наблюдается, как и следовало ожидать, у пил, имеющих минимальное поперечное сечение. Например, при исследуемой горизонтальной силе $P_x = 500$ кгс, установке захватов по первому варианту, степени обжатия полотна силой $P_{пр} = 1400$ кгс и минимальном сечении пилы 294 мм² максимальное поперечное перемещение зубчатой кромки равно 0,24 мм. Перемещение затылка пилы при тех же условиях установки и том же сечении соответственно составляет 0,17 мм. Однако по абсолютной величине это отклонение не столь велико, как можно было предполагать. Поэтому можно считать, что по-пилы работало строго в плоскости наибольшей жесткости.

Необходимо отметить, что во всех вариантах проведенных экспериментов при снятии горизонтальной нагрузки система возвращается в исходное положение.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Боровиков Е. М. Влияние величины подачи на силы резания при распиливании древесины на лесопильных рамах. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 4. [2]. Боровиков Е. М., Рыжов А. Е. Экспериментальное определение напряжений в рамной пиле при пилении. — Труды АЛТИ, XXXVI, Архангельск, 1972. [3]. Лапин П. И. Факторы, влияющие на устойчивость рамных пил. — «Лесная промышленность», 1951, № 12. [4]. Прокофьев Г. Ф. Исследование влияния некоторых факторов на устойчивость рамных пил. Диссертация. Архангельск, 1970. [5]. Хасдан С. М. Устойчивость рамных пил. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960.

Поступила 7 февраля 1975 г

УДК 674.023 : 621.934.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ БЕССТРУЖЕЧНОМ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

Приведены результаты опытов по бесстружечному продольному резанию древесины одним зубом инструмента на токарном станке с использованием тензометрической аппаратуры. Получены наилучшие значения касательного и нормального усилий при изменении скорости резания, подачи на зуб, переднего угла, переднего и заднего углов заострения резца.

Цель исследования — определить касательную и нормальную составляющие усилия резания, возникающего на одном зубе инструмента, для деления древесины вдоль волокон без образования опилок.

Опыты мы проводили на токарно-винторезном станке модели 1624. Резец, выполненный как один зуб инструмента бесстружечного резания (рис. 1), закрепляли в резцедержателе с помощью упругого тензодатчика, изготовленного из стали У10А без термообработки с толщиной стенок 0,5 мм.

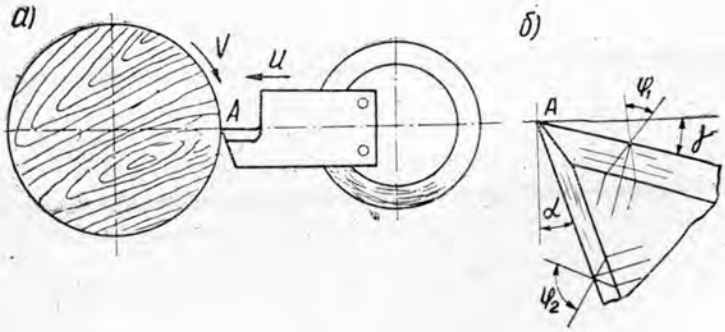


Рис. 1.

а — расчетная схема резания древесины на токарно-винторезном станке; *б* — схема параметров резца.

Ножи-зубья изготовляли из полотна плоской круглой пилы толщиной 3 мм с различными угловыми параметрами. Основные опыты проводились с резцами, имеющими передний угол 20°, задний 30°.

Чураки (длиной 30—35 см и диаметром 25—28 см) заготовляли из свежесрубленной ели влажностью 50—80%, закрепляли с боков в специальных зажимах и обтачивали для образования цилиндрической поверхности. Волокна древесины располагались перпендикулярно оси вращения.

Усилие резания регистрировали с помощью тензометрической аппаратуры, содержащей усилитель 8АНЧ-7М и осциллограф Н-700. Записи производили в автоматическом режиме в зависимости от глубины внедрения резца в древесину; при высоте зуба 20 мм глубина внедрения резца в момент записи составляла 12 мм. В этом случае работу зуба инструмента можно сравнить с работой целого инструмента без учета трения древесины о боковые поверхности полотна.

Исследования резания древесины на токарном станке позволяют уменьшить влияние дополнительных нагрузок, при этом процесс характеризуется непрерывностью и постоянством кинематических параметров [6], [7]. В опытах мы учитывали средние величины усилия резания. Боковое усилие практически равно нулю из-за симметричности угла заострения по передней грани. Диапазон изменения скорости резания 0,5—12 м/с. Все это дополняет наши исследования о бесстружечном резании древесины зубчатыми дисками [4], [5].

С увеличением скорости резания V касательное и нормальное усилия экспоненциально уменьшаются (рис. 2, *а*). Такое уменьшение наблюдается и для зуба опилочного резания (кривая 2).

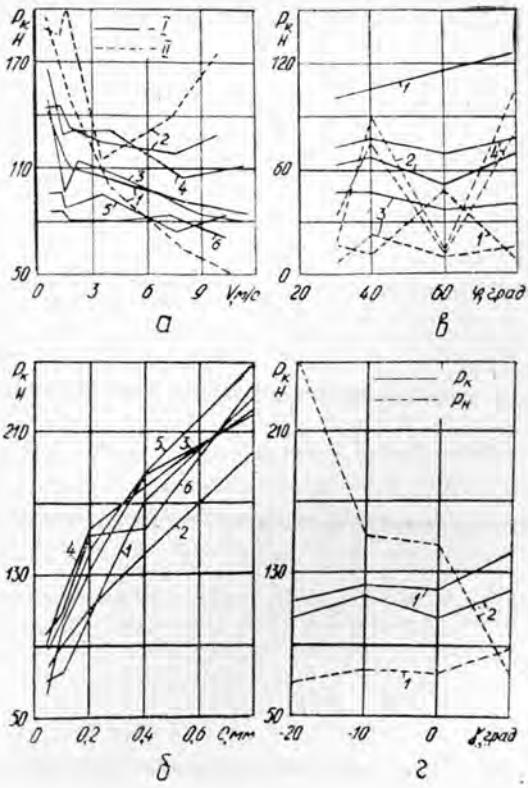


Рис. 2. Графики зависимости касательного и нормального усилий ($I - P_к$; $II - P_н$)

а — от скорости резания (V); *1* — $C = 0{,}2$ мм; $\varphi_1 = 80°$; $\varphi_2 = 180°$; *2* — соответственно 0,2, 120, 180; *3* — 0,135, 60, 120; *4* — 0,135, 40, 120; *5* — 0,2, 180; 120; *6* — 0,2, 180, 80; *б* — от подачи на зуб C ($\varphi_2 = 180°$: *1* — $\varphi_1 = 120°$; $V = 1{,}76$ м/с; *2* — соответственно 120, 3,04; *3* — 120, 6,27; *4* — 60, 2,10; *5* — 60, 3,72; *6* — 60, 6,6; *в* — от переднего угла заострения φ_1 ($\varphi_2 = 80°$): *1* — $V = 1{,}94$ м/с; $C = 0{,}4$ мм; *2* — соответственно 2,10, 0,1; *3* — 6,97, 0,05; *4* — 6,37; *г* — от переднего угла γ ($\varphi_1 = 40°$; $\varphi_2 = 80°$); *1* — $V = 1{,}97$ м/с; $C = 0{,}1$ мм; *2* = 6,93, 0,1

Так как ножи были выполнены без поднутрения боковых поверхностей, то уменьшение касательных и нормальных сил в заданном интервале изменения скорости резания мы объясняем отставанием упругого восстановления древесины от движения резца [2].

Из рис. 2 видно, что угол заострения по передней грани φ_1, равный 60°, позволяет получить более низкие касательные усилия (рис. 2, *а, б, в*). С уменьшением заднего угла заострения φ_2 касательное усилие снижается, что наблюдается и для опилочного резания (кривые *5, 6* на рис. 2, *а*). Оптимальное значение заднего угла заострения $\varphi_2 = 80°$.

По величине усилие надвигания больше касательной силы при малых значениях скорости резания. При $V \approx 4$ м/с наблюдается равенство этих сил в наших опытах. С дальнейшим увеличением V нормальное усилие резко уменьшается для условий бесстружечного резания. При подаче на зуб $C = 0{,}2$ мм $\varphi_1 = 80°$ и $\varphi_2 = 180°$ для $V = 11{,}5$ м/с касательное усилие в два раза больше нормального ($P_к = 85$ Н, $P_н = 40$ Н). В диапазоне $V = 0{,}5 \div 11{,}5$ м/с касательное усилие снижается в 1,7 раза, а нормальное в 5—7 раз. Поэтому резко уменьшается усилие отжима инструмента в целом.

Опыты показали, что для $\varphi_2 = 180°$ при одинаковых других параметрах зуба с увеличением скорости резания до 6 м/с преимущество по затратам энергии имеет опилочное резание. С дальнейшим увеличением параметра V преимущество имеет бесстружечное резание.

Для $\varphi_2 = 180°$ наименьшие значения усилий получены при $\varphi_1 = 80°$, а для $\varphi_2 = 120°$ — при $\varphi_1 = 60°$. Оказалось, что минимальные значения касательного усилия смещаются в сторону уменьшения переднего угла заострения со снижением φ_2.

Влияние подачи на зуб. С увеличением C касательное усилие возрастает по экспоненте, что аналогично зависимости для опилочного пиления [1]. Начиная с $V = 2 \div 3$ м/с при $C > 0{,}2 \div 0{,}4$ мм нормальное усилие имеет постоянное значение. При малых значениях $C < 0{,}05$ мм усилие отжима возрастает.

С увеличением подачи на зуб ширина прорези значительно уменьшается:

C, мм	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
b, мм	2,1—2,2	1,6—1,8	1,2—1,3	0,8—1,0	0,5—0,6

Отсюда следует, что с уменьшением количества проходов резца по одному и тому же месту (или коэффициента длины лезвия [3]) упругие деформации значительно возрастают. По отношению к толщине ножа 3 мм при $C = 0{,}05$ мм эти деформации составляют 25—30%, а для $C = 0{,}8$ мм — $80 \div 85$%. При этом скорость резания равняется 2,10 м/с, параметры резца: $\alpha = 30°$, $\gamma = 20°$, $\varphi_1 = 60°$, $\varphi_2 = 180°$. Для $C = 0{,}8$ мм значительно возрастают боковые колебания резца, особенно в околосучковой зоне. В процессе резания вытесняется значительное количество влаги.

Передний угол заострения φ_1 — основной параметр для осуществления безопилочного резания древесины. С возрастанием этого угла наблюдается переход от бесстружечного резания к опилочному. С уменьшением φ_1 увеличиваются упруго-пластические деформации древесины. При $\varphi_1 = 30°$ устраняется выход частиц древесины из прорези и повышается качество резания. Однако при $\varphi_1 = 30°$ сучки режутся хуже, чем при $\varphi_1 = 60°$.

Если $C = 0{,}4$ мм (рис. 2, *в*, кривая *1*), то минимум касательного усилия смещается в сторону уменьшения переднего угла заострения. Нормальное усилие в наших опытах имеет два минимума: при

$\varphi_1 = 40°$ и при $\varphi_1 = 80°$. Для $C < 0{,}2$ мм наименьшие значения $P_к$ и $P_н$ наблюдаются при $\varphi_1 = 60°$.

Передний угол значительно влияет как на изменение усилий, так и на характер взаимодействия резца с древесиной. В зависимости от подачи на зуб характер кривых меняется. С увеличением γ касательное усилие возрастает, оно минимально при $\gamma = 0°$. При малых V нормальное усилие незначительно возрастает, а при $V = 6{,}93$ м/с оно резко уменьшается (почти в 3,5 раза).

Наилучшее значение переднего угла $\gamma = 0$. В этом случае деформируемый слой древесины направлен перпендикулярно передним граням и площадь контакта наименьшая. Если $\gamma < 0$, то древесина уплотняется по дну пропила, а при $\gamma > 0$ частицы отрываются от дна прорези и выход отходов увеличивается.

Проведенные опыты позволили оценить влияние некоторых параметров на процесс бесстружечного резания древесины вдоль волокон.

Выводы

1. С увеличением скорости резания от 0,5 до 12 м/с касательное и нормальное усилия уменьшаются по экспоненте.

2. Для зубчатых инструментов целесообразно использовать значения подачи на зуб 0,2—0,4 мм; при меньших значениях возрастает нормальное усилие.

3. При $C < 0{,}2$ мм целесообразно принять передний угол заострения φ_1 равным 60°, а при $C > 0{,}4$ мм $\varphi_1 = 40°$. Наилучшее значение заднего угла заострения для условий опытов $\varphi_2 = 80°$, наилучшее значение переднего угла $\gamma = 0$.

4. Упругие деформации возрастают с уменьшением скорости резания и увеличением подачи на зуб.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бершадский А. Л. Справочник по расчету режимов резания древесины. М., Гослесбумиздат, 1962. [2]. Воскресенский С. А. Теоретические и экспериментальные исследования продольного деления древесины при сложном качательном движении режущей пластинки. Отчет НИСа 775, М., МЛТИ, 1967. [3]. Мазуркин П. М. Расчет зубчатого венца ножей для бесстружечного деления древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 4, с. 76—70. [4]. Мазуркин П. М. Исследование продольного бесстружечного резания древесины зубчатыми дисками. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1, с. 75—78. [5]. Мазуркин П. М., Грудачев В. Г., Печенкин В. Е. К изучению продольного бесстружечного резания древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5, с. 93—96. [6]. Мак-Кензи В. М. Процесс резания древесины. Пер. 68/97565 (выборочный) из журн. «Forest Products Journal», 1960, № 9, с. 447. [7]. Пижурин А. А. Основы процесса точения древесины. М., Гослесбумиздат, 1963.

Поступила 31 декабря 1974 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 634.0.812

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. ИВАНОВ

ЦНИИ строительных конструкций

Доказана единая закономерность длительной прочности древесины разной влажности, скорости нагружения, при разных видах напряженного состояния и для разных пород древесины. Приведена схема пространственной диаграммы зависимости длительной прочности от влажности при двух значениях постоянной температуры.

Длительную прочность древесины, как было показано ранее [3], можно изобразить прямой в полулогарифмических координатах $lg\,t$ (где t — время до разрушения в секундах). При обработке результатов экспериментов с достаточно большой длительностью испытаний (t до 3-х лет, рис. 1) были получены три прямые, сходящиеся в одной точке. В соответствии с тем, что зависимость длительной прочности полимерных волокон от степени пластификации имеет вид пучка лучей с полюсом на оси $\lg t$ [2], пучок на рис. 1 объяснен пластифицирующим влиянием влаги, содержание которой изменялось от 6 до 13,5% [3].

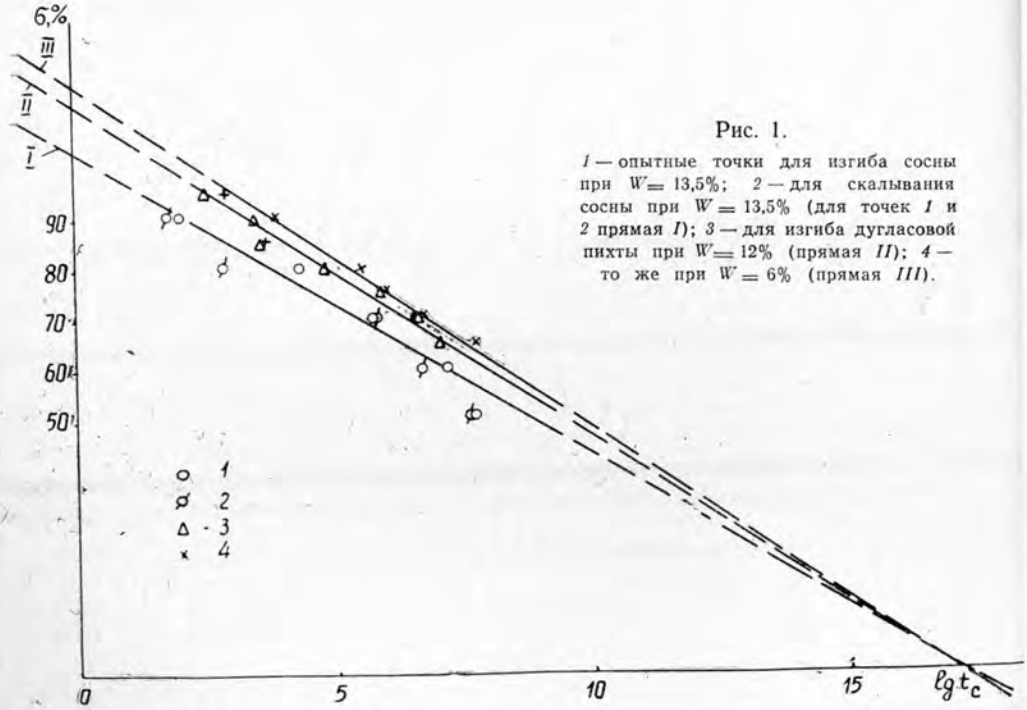


Рис. 1.

1 — опытные точки для изгиба сосны при $W = 13{,}5\%$; *2* — для скалывания сосны при $W = 13{,}5\%$ (для точек *1* и *2* прямая *I*); *3* — для изгиба дугласовой пихты при $W = 12\%$ (прямая *II*); *4* — то же при $W = 6\%$ (прямая *III*).

В данной статье сделана попытка уточнить зависимость длительной прочности древесины от влажности, используя результаты испытаний с разной скоростью. Такая возможность основана на известном свойстве прямых $\sigma - \lg t$, наклон которых можно найти, варьируя скорость нагружения в сериях образцов, но поддерживая ее постоянной [1] при испытании каждого отдельного образца. Описанное свойство можно доказать следующим рассуждением.

Согласно концепции температурно-временно́й зависимости длительной прочности, величину времени до разрушения при постоянном напряжении σ_1 (и постоянной температуре T) можно выразить

$$\tau_1 = Ae^{-\alpha\sigma_1}, \tag{1}$$

где A и α — постоянные.

Продолжительность испытания образца, нагруженного с постоянной скоростью $\overline{w}$ возрастания напряжения, можно привести ко времени τ_1 до разрушения под действием постоянного напряжения, которое равно величине разрушающего напряжения (предела прочности) σ_1, полученной при этом испытании. Значение τ_1 определим из выражения [1]

$$\int_0^{t_1} \frac{dt}{\tau_1} = 1. \tag{2}$$

Интегрируем (2), используя условие $\sigma = \overline{w}t$,

$$e^{-\alpha\sigma_1} - 1 = A\alpha\overline{w} \text{ или } \frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{A} = \alpha\overline{w}. \tag{3}$$

Поскольку τ_1 значительно меньше A (на несколько порядков), в уравнении (3) можно пренебречь дробью $1/A$, тогда

$$\tau = \frac{1}{\alpha\overline{w}}. \tag{4}$$

Индекс 1 здесь опущен, так как выражение (4) имеет общий характер.

Проведя испытание одинаковых образцов древесины при двух различных скоростях $\overline{w}_1$ и $\overline{w}_2$, получим два значения разрушающего напряжения σ_1 и σ_2 и две соответствующие им величины времени до разрушения

$$\tau_1 = \frac{1}{\alpha\overline{w}_1} \text{ и } \tau_2 = \frac{1}{\alpha\overline{w}_2},$$

а также отношение

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\overline{w}_1}{\overline{w}_2} \text{ или } \ln\tau_2 - \ln\tau_1 = \ln\overline{w}_1 - \ln\overline{w}_2. \tag{5}$$

Логарифмируя выражение (1), найдем для общего случая

$$\ln\tau = \ln A - \alpha\sigma. \tag{6}$$

При $\ln\tau = 0$

$$\alpha = \frac{2{,}3\lg A}{\sigma_0}.$$

Записав уравнение (6) в виде двух выражений для различных скоростей, вычтем одно из другого. После преобразований получим

$$\alpha = \frac{\ln \tau_2 - \ln \tau_1}{\sigma_1 - \sigma_2}. \tag{7}$$

Используя выражение (5), найдем

$$\alpha = \frac{2{,}3\,(\lg \overline{w}_1 - \lg \overline{w}_2)}{\sigma_1 - \sigma_2}, \tag{8}$$

то есть описанные машинные испытания дают тот же наклон прямой $\sigma - \lg t$ к оси $\lg t$, что и длительные испытания данного материала. При этом по известной скорости нагружения $\overline{w}_1$ и разрушающему напряжению σ_1 можно найти продолжительность испытания t'_1 и приведенное время t_1 до разрушения (соответствующее непрерывному действию σ_1) из выражений

$$t'_1 = \frac{\sigma_1}{\overline{w}_1}; \quad t_1 = \frac{t'_1}{2{,}3 \lg A}, \tag{9}$$

где 2, 3 $\lg A = 39{,}3$.

Здесь приближенно σ_1 приравнено к σ_0 с погрешностью 3% ($\sigma_1 = 100\%$, а $\sigma_0 = 103\%$), что не выходит за пределы точности наших подсчетов.

Согласно уравнению (9), время до разрушения t_1 при постоянном напряжения в 39,3 раза меньше продолжительности испытания t'_1 с постоянной скоростью нагружения; поэтому правильное положение прямой $\sigma - \lg t$ можно получить из машинных испытаний Н. Л. Леонтьева, разделив на 39,3 указанные в работе [5] периоды времени.

Для серии испытанных образцов одинаковой древесины одной влажности W_i имеется своя прямая (луч в пучке) и отвечающее ей значение α_i (поскольку α есть функция W при $T = \text{const}$). Практически для каждой влажности W_i испытывают ряд серий одинаковых образцов при нескольких значениях скорости нагружения $\overline{w}$ и по нанесенным точкам в координатах $\sigma - \lg t$ строят среднюю прямую.

По данным машинных испытаний стандартных образцов древесины сосны при сжатии вдоль волокон и изгибе определим два луча для двух значений влажности 15 и 30%. Испытания осуществляли на машине системы Риле с варьированием скоростей нагружения от 1 до 12000 кгс/мин при температуре +20°С [6]. Скорость нагружения выдерживалась постоянной при испытании каждого образца. Диаграмма деформаций записывалась автоматически.

По полученным на графике точкам проведены средние лучи (рис. 2, *А*), дающие следующие значения напряжений (для стандартной скорости — средней для данных видов испытания): $\sigma_1 = 103{,}9\%$ при влажности 15% и $\sigma_1 = 65{,}1\%$ при влажности 30%. Сравним их отношение (0,627) с отношением 0,66, полученным при экспериментах [7] по определению зависимости величины $\sigma_{вр}$ от влажности для древесины сосны при изгибе и сжатии вдоль волокон. Относительная разность

$$\frac{0{,}660 - 0{,}627}{0{,}660} \cdot 100 = 5\%$$

соответствует точности проведения лучей.

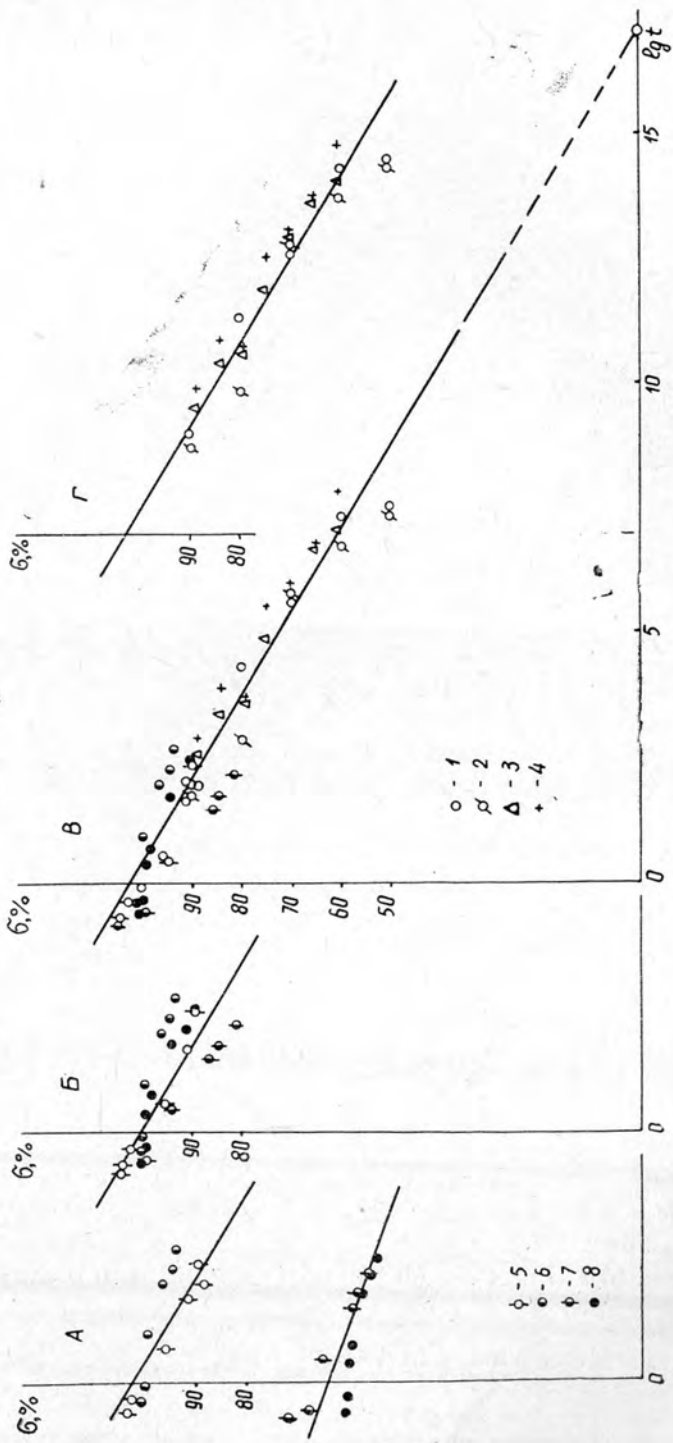


Рис. 2.

АБ: *5* — опытные точки для сжатия вдоль волокон сосны при $W = 15\%$; *6* — то же при $W = 30\%$; *7* — для изгиба сосны при $W = 15\%$; *8* — то же при $W = 30\%$. *ВГ* — см. обозначения на рис. 1 и рис. 2 *А* и *Б*.

Итак, указанные экспериментальные данные подтверждают возможность построения пучка длительной прочности древесины разной влажности путем проведения лучей через найденный из длительных

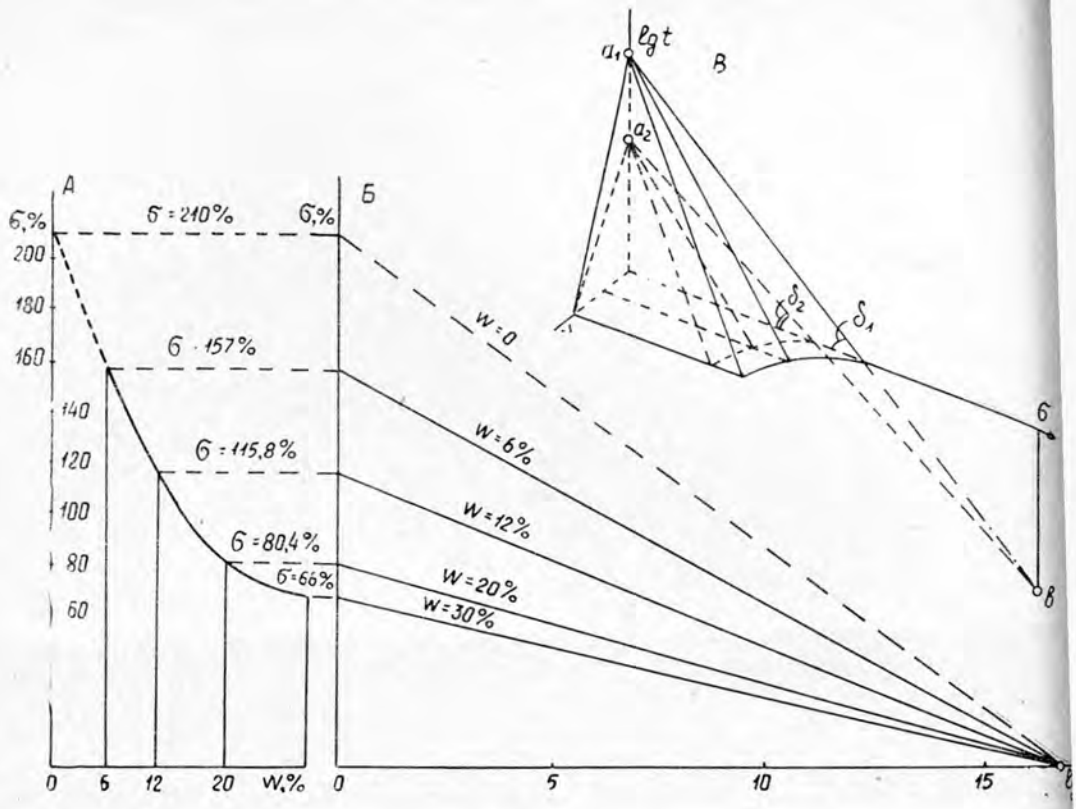


Рис. 3.

испытаний полюс пучка и точки, соответствующие величинам $\sigma_{вр}$, полученным из стандартных испытаний образцов древесины определенной влажности. Два луча при влажности 15 и 30% уже получены (рис. 2, *А*). Чтобы определить $\sigma_{вр}$ при других значениях влажности, например 25, 20, 12 и 6%, используем среднюю для сжатия вдоль волокон и изгиба зависимость $\sigma_{вр}$ (W), %, полученную нами по данным работы [7] в виде уравнения (рис. 3, *А*).

$$\sigma_{вр}(W) = 0{,}978W^2 - 57W + 1210; \tag{10}$$

затем построим лучи, проведя прямые через полюс пучка и точки с координатами в виде взятых из рис. 3, *А* величин $\sigma_{вр}$ и соответствующих им $\lg t_{ср}$ (рис. 3, *Б*).

Лучи пучка $\ln t = \ln A - \alpha(W)\sigma$ можно совместить в одну прямую (при σ, %)

$$\ln t = \ln A - \alpha \frac{\sigma}{\sigma_{вр}} 100, \tag{11}$$

где $\alpha = \text{const}$,

$\sigma_{вр}$ — предел прочности при стандартной скорости нагружения для определенной влажности.

Для примера совместим лучи при влажности 15 и 30% в одну прямую, перенеся на график опытные точки с рис. 2, *А* (для $W = 30\%$

примем $\sigma_{вр}$ за 100% при $\lg t = -0{,}347$). Среди полученной общей группы точек (рис. 2, *Б*) средняя прямая лучше располагается в виде луча, проходящего через точку $\lg t = -0{,}347$ и $\sigma_{вр} = 103\%$. Относительная разность между прямой для $W = 15\%$ на рис. 2, *А* и прямой *I* для $W = 13{,}5\%$ на рис. 1 составляет 2%. Некоторый разброс лучей в пучке получается за счет колебаний от луча к лучу значений логарифма времени до разрушения t, определяемого для $\sigma_{вр}$ при стандартной скорости нагружения: при повышении влажности и уменьшении $\sigma_{вр}$ величина t, согласно уравнению (9), снижается; однако этот разброс незначителен.

Обратим внимание на следующее обстоятельство. Поскольку ординаты опытных точек на графике длительной прочности (рис. 1) при каждом значении влажности древесины были отнесены к своей величине $\sigma_{вр}$ (принятой за 100%), то на рис. 1 лучи для разной влажности должны бы совместиться, согласно уравнению (11), в одну прямую (подобно рис. 2, *Б*). Однако на рис. 1 мы отчетливо различаем лучи для разных влажностей: прямая *I* для $W = 13{,}5\%$, прямая *II* для 12% и прямая *III* для 6% [3], [4].

Для прямой *I*, построенной по данным работы [5], значение $\sigma_{вр}$ (принятое за 100%) было получено при продолжительности испытания $t'_1 = 0{,}513$ с [3]. При соответствующем этому значении $\lg t = -0{,}29$ по прямой *I* найдем величину $\sigma_{вр}$, равную 104,6%, то есть разница составляет приблизительно 5% [3], тогда как по прямым *II* и *III*, построенным нами по данным работы [9], $\sigma_{вр}$ соответственно равно 113,5 и 118%. Логично предположить, что прямые *II* и *III* проведены по завышенным уровням σ, что могло произойти вследствие более медленного испытания образцов по американскому стандарту и смещения в результате этого ординаты $\sigma_{вр}$, принятой за 100%, в сторону снижения.

Проверка показала, что испытание американских образцов, имеющих бóльшие размеры, проводят в течение более продолжительного времени. Образец испытывается с одним грузом в пролете при постоянной скорости деформации $v = 0{,}25$ см/мин. Упругий прогиб

$$f_у = \frac{l^2}{6h} \cdot \frac{\sigma_{вр}}{E} \text{ см},$$

где l — пролет (45,7 см);
h — высота сечения (2,54 см);
E — модуль упругости;
$\sigma_{вр}$ — предел прочности.

Действительный прогиб вдвое больше упругого и продолжительность испытания $t'_1 = \frac{2f_у}{v}$ мин. При изгибе образца дугласовой пихты (в среднем для тихоокеанского побережья США) для $W = 12\%$ $\sigma_{вр} = 910$; $E = 1{,}36 \cdot 10^5$ кгс/см² [8], а для $W = 6\%$ $\frac{\sigma_{вр}}{E} = \frac{1{,}24}{1{,}12}$ [10]; для $W = 12\%$ приведенное время $t = 12{,}6$ с; $\lg t = 1{,}10$, а для $W = 6\%$, $t = 13{,}96$ с; $\lg t = 1{,}144$.

Для совмещения лучей пучка необходимо относить все уровни напряжения при длительных испытаниях к $\sigma_{вр}$, найденному при одной и той же продолжительности машинного испытания. Поэтому уровни σ по данным [9] необходимо пересчитать, отнеся их к более высокому, отвечающему величине $\lg t = -0{,}29$, значению $\sigma_{вр}$. Для опре-

деления последнего воспользуемся проведенными нами прямыми *II* и *III*.

На рис. 1 искомое повышение $\sigma_{вр}$ составляет $\frac{17{,}1+0{,}29}{17{,}1-1{,}13}=\frac{1}{0{,}920}$ для прямой *II* и $\frac{17{,}1+0{,}29}{17{,}1-1{,}14}=\frac{1}{0{,}918}$ для прямой III; таким образом, указанные в работе [9] уровни напряжений при *W*, равных 12 и 6%, нужно умножить на 0,920 и 0,918 соответственно.

По этим данным нами нанесены опытные точки на рис. 2, *В* (для бо́льшей наглядности точки с рис. 1 отдельно показаны на рис. 2, *Г*). На совмещенном графике точки располагаются довольно близко к прямой *I* рис. 1 для разных влажностей, скоростей нагружения, вида напряженного состояния и породы древесины, что еще раз подтверждает высказанное нами предположение [3] о единой закономерности длительной прочности древесины, объясняемой той определяющей ролью, которую играют здесь валентные связи несущего вещества древесины — природной целлюлозы.

Ориентировав графики на рис. 3, *А* и *Б* по координатным плоскостям, можно получить пространственную диаграмму зависимости $\sigma - \lg t - W$ при постоянной температуре $T_1 = 293°K$. При разных значениях постоянной температуры, как известно, длительная прочность изображается пучком прямых $\sigma - \lg t - T$ с противоположным положением полюса *b* по отношению к полюсу *a* пучка $\sigma - \lg t - W$ при $T_2 > T_1$ луч этого пучка с полюсом *b* более пологий к оси σ ($\delta_2 < \delta_1$), а точка пересечения его с осью $\lg t$ даст полюс a_2 пучка длительной прочности при различной влажности *W* и $T_2 = \text{const}$. На рис. 3, *В* сплошными линиями показана полученная нами, согласно описанному выше, пространственная диаграмма $\sigma - \lg t - W$ с полюсом a_1 для разных влажностей *W* и $T_1 = \text{const}$, а пунктирными линиями — такая же предполагаемая диаграмма с полюсом a_2 для $T_2 > T_1$.

Выводы

1. Влияние влажности на длительную прочность древесины при постоянной температуре изображается пучком лучей с полюсом на оси $\lg t$ [3], как и у полимерных волокон. Каждый луч пучка для определенной влажности проходит через найденный из длительных испытаний полюс и точку с координатами; предел прочности $\sigma_{вр}$ и логарифм приведенного времени *t* до разрушения при неизменном действии $\sigma_{вр}$. Используя найденную из машинных испытаний зависимость $\sigma_{вр}(W)$, такой пучок построен по экспериментальным данным для ряда значений влажности *W*.

2. Для совмещения пучка лучей в одну прямую необходимо за 100% принимать значение $\sigma_{вр}$, определяемое из испытаний одинаковой продолжительности. Точки на совмещенном графике для разных влажностей древесины, скоростей нагружения, при разных видах напряженного состояния и для разных пород хорошо укладываются на одну прямую, что подтверждает ранее высказанное предположение о единой закономерности длительной прочности древесины.

3. На основании полученной зависимости длительной прочности древесины от влажности построена схема пространственной диаграммы для двух значений постоянной температуры.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Журков С. Н., Томашевский Э. Е. Временная зависимость прочности при различных режимах нагружения. — В сб.: Некоторые проблемы прочности твердых тел. М.—Л., АН СССР, 1959. [2]. Журков С. Н., Абасов С. А. Роль химических и межмолекулярных связей при разрыве полимеров. — «Высокомолекулярные соединения», 1961, т. 3, № 3. [3]. Иванов Ю. М. Длительная прочность древесины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. [4]. Иванов Ю. М. Основные принципы испытания клееных деревянных конструкций. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1974, № 2. [5]. Леонтьев Н. Л. Длительное сопротивление древесины. М.—Л., Гослесбумиздат, 1957. [6]. Любошиц М. И. Влияние скорости испытания на предел пластического течения древесины сосны. Кандидатская диссертация, Минск, 1950. [7]. Мартинец Д. В. Исследование зависимости предела пластического течения от влажности и объемного веса древесины. — Труды Саратовского автомобильно-дорожного института, сб. 10, Саратовское областное изд-во, 1950. [8]. Markwardt L. J., Wilson T. R. C. Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States. FPL DA, Techn. Bul. 479, Wash. USA, 1935. [9]. Wood L. W. Relation of Strength of Wood to Duration of Load, US FPL, № 1916, Dec. 1951. [10]. Wood Handbook, № 72, FPL DA, Wash. USA, Dec. 1955.

Поступила 17 февраля 1975 г.

УДК 674

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОЧЕВИНОЙ

В. А. ШАМАЕВ, Л. В. ЕЛЬКОВ, Н. И. ПОПОВА

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что пластифицированную мочевиной древесину можно стабилизировать термической обработкой при температуре 170°С в течение 6—7 ч.

Модифицированную древесину применяют в различных отраслях промышленности в качестве заменителя черных и цветных металлов.

В настоящее время известны способы модифицирования древесины растворами мочевины [1], [7]. Однако такая древесина имеет низкую формоустойчивость в среде с переменной влажностью и температурой, что отрицательно сказывается на физико-механических свойствах материала.

Процесс взаимодействия мочевины с компонентами древесины носит, как указывает ряд авторов [1], [2], [4], сложный физико-химический характер. При этом мочевина большей частью механически отлагается в порах древесины и придает последней гидрофильность. Нами было высказано предположение, что гидрофильность древесины можно снизить термическим разложением гигроскопичных кристаллов мочевины. Продукты термораспада — биурет, аммелид и циануровая кислота — малогигроскопичные и малорастворимые в воде соединения. Скорость разложения мочевины зависит от длительности и температуры нагревания. Так, при 140°С за 7 ч 20% мочевины разлагается до биурета, а при 170°С за 7 ч она полностью переходит в биурет и далее в циануровую кислоту и аммелид [3]. Очевидно, термообрабатывая модифицированную мочевиной древесину при 170°С в течение 7 ч, мы полностью разложим мочевину до неплавких, нерастворимых продуктов и существенно повысим формоустойчивость такой древесины.

Для проверки этого предположения были проведены опыты с использованием рационального планирования [5]. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики.

Эксперименты проводили с древесиной осины (возраст 80 лет), срубленной в Павловском мехлесхозе Воронежской области. Заготовленный по ГОСТу 1184—65 материал разделывали на бруски размером 55×60×180 мм (последний размер — вдоль волокон). Бруски влажностью 70—80% пропитывали в растворе мочевины с концентрацией 20% методом горяче-холодных ванн в следующей последовательности: 3 ч — горячая ванна при температуре 90—95°С и 5 суток — холодная ванна при 18—20°С. Таким путем достигалось равномерное распределение раствора мочевины по всей длине брусков. Привес раствора составил 100% от веса абс. сухой древесины. Количество модификатора в древесине составляло 15—17% от веса абс. сухой древесины.

После пропитки бруски прессовали в радиальном направлении до степени 40%. При этом плотность модифицированной древесины составила 1000 кг/м³. Прессованные бруски сушили до влажности 2—3% в сушильной камере с принудительной циркуляцией воздуха по следующему режиму: 3 ч при 90°С и 5 ч при 110°С. После сушки бруски подвергали термообработке в той же камере при температурах 140, 150, 160, 170, 180°С в течение 3, 4, 5, 6 и 7 ч. Из термообработанных брусков вырезали образцы размером 15×15×22,5 мм (согласно ГОСТу 9629—66). Часть образцов, предназначенных для определения равновесной влажности материала и предела прочности при сжатии вдоль волокон, выдерживали в эксикаторах с влажностью воздуха $\varphi = 56\%$ и температуре 20°С над раствором серной кислоты концентрацией 39%.

Для обеспечения надежности результатов каждую точку опыта определяли как среднее арифметическое по восьми образцам. Согласно методике эксперимента, изучали влияние температуры t (°С) и длительности термообработки τ на равновесную влажность $W_р$, линейное разбухание в направлении прессования за 1 сутки ν, объемное разбухание за 30 суток V, усушку после максимального разбухания η и прочность при сжатии вдоль волокон F. Усушку после максимального разбухания определяли по формуле

$$\eta = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \cdot 100\%,$$

где η — коэффициент усушки, характеризующий формоустойчивость материала;

V_0 — объем образца в абс. сухом состоянии;

V_1 — объем образца после разбухания и сушки до абс. сухого состояния.

Как показали предварительные исследования, физико-механические свойства модифицированной мочевиной древесины без термообработки незначительно отличаются от свойств прессованной древесины, полученной по способу П. Н. Хухрянского.

Влияние высоких температур на физико-механические свойства прессованной древесины изучено ранее [6], поэтому в данной работе исследовали лишь влияние термической обработки на свойства модифицированной мочевиной древесины.

На рис. 1 показана зависимость свойств пластифицированной древесины от температуры термообработки. Как видно из этого рисунка, с ростом температуры термообработки t равновесная влажность W уменьшается от 6,2 до 4,6% (кривая *5*). Зависимость выражена прямой линией, описываемой уравнением

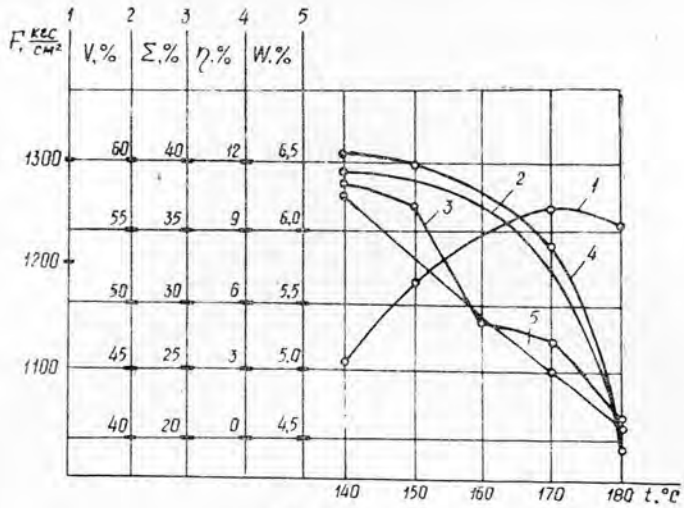


Рис. 1.

1 — прочность при сжатии вдоль волокон; *2* — объемное разбухание за 30 суток; *3* — линейное разбухание за 1 сутки; *4* — прирост обьема после разбухания и сушки; *5* — равновесная влажность.

$$W = 12{,}04 - 0{,}041t. \qquad (1)$$

Линейное разбухание за 1 сутки (кривая *3*) и объемное разбухание за 30 суток (кривая *2*) резко падают с ростом температуры обработки. Перегибы кривых начинаются с температуры, превышающей 150°С. Именно при этой температуре происходит переход биурета в циануровую кислоту и аммелид. Распрессовка материала, характеризуемая коэффициентом усушки, довольно велика при мягких режимах термообработки и полностью отсутствует после термообработки при температуре 180°С (кривая *4*). Известно, что непропитанная прессованная древесина после термообработки в интервале температур 140—180°С претерпевает деструкцию со снижением прочностных свойств, в то время как пластифицированная мочевиной древесина с ростом температуры дает прирост прочности (кривая *1*). Только при температуре термообработки 173°С и выше начинается медленное снижение прочности материала.

Зависимости предела прочности при сжатии вдоль волокон, а также объемного разбухания и усушки от температуры можно описать уравнениями

$$F = 1270\left[1 - 1{,}44\cdot 10^{-4}(t - 173)^2\right]; \qquad (2)$$

$$V = 59{,}9 - 2{,}5\cdot 10^{-4}(t - 140)^{3{,}2}; \qquad (3)$$

$$\eta = 12 - 4{,}5\cdot 10^{-4}(t - 150)^3. \qquad (4)$$

На рис. 2 представлена зависимость первичных факторов (F, V, W, η) от длительности термообработки. Фактор длительности термообработки почти так же влияет на свойства модифицированной древесины, как и фактор температуры. С увеличением продолжительности термообработки равновесная влажность, линейное и объемное разбухание снижаются, при этом формоустойчивость материала повышается (рис. 2, кривые *2—5*). Прочность древесины при сжатии вдоль воло-

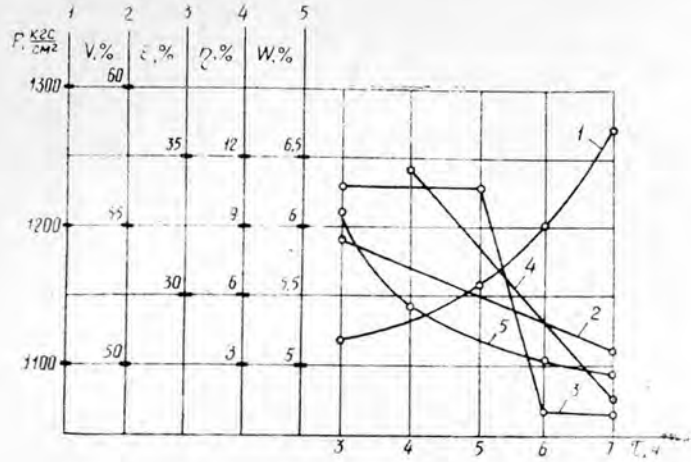


Рис. 2. Обозначения см. под рис. 1.

кон возрастает (рис. 2, кривая *1*). Видимо, переход мочевины в биурет и циануровую кислоту придает древесине повышенную прочность. Зависимости свойств древесины от длительности термообработки можно описать уравнениями

$$F = 1419 - 100\sqrt{7 - \tau}; \quad (5)$$

$$V = 57 - \tau; \quad (6)$$

$$\eta = 24{,}75 - 3{,}3\tau; \quad (7)$$

$$W = 6{,}14 - 0{,}54\sqrt{\tau - 3}. \quad (8)$$

Как видно из рис. 1 и 2, стабильный формоустойчивый материал получается после термообработки в течение 7 ч при температурах 170—180°С, что соответствует полному превращению мочевины [5]. Предложенный режим термообработки древесины следует считать оптимальным, поскольку он позволяет снизить максимальное объемное разбухание до 40%, линейное разбухание за 1 сутки до 13%, полностью устраняет распрессовку материала и повышает прочность при сжатии вдоль волокон на 20%. Равновесная влажность термохимически обработанной древесины снижается до 4,5—5%.

Таким образом, в результате термического разложения мочевины водопоглощение термохимически обработанной древесины уменьшается потому, что микрокапилляры заполняются массой, инертной по отношению к воде. При мягких режимах обработки (до 150°С) продукт разложения — биурет, а при жестких (выше 150°С) — циануровая кислота и аммелид. Весьма вероятно также, что в условиях термообработки происходят процессы конденсации мочевины и продуктов ее термораспада с ингредиентами древесины.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Берлин А. А. Исследования в области химии и технологии облагороженной древесины и древесных пластических масс. М.—Л., Гослесбумиздат, 1950. [2]. Гамова И. А., Солечник Н. Я. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1968, № 7, с. 9—11. [3]. Зотов А. Т. Мочевина. М., Госхимиздат, 1963.

[4]. Леонович А. А., Солечник Н. Я. — Материалы научно-технической конференции ЛТА, ч. II, 1968, с. 110—113. [5]. Протодьяконов М. М., Тедер Р. И. Методика рационального планирования экспериментов. М., «Наука», 1970. [6]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины. М., «Лесная промышленность», 1964. [7]. Berliner F. Can. Lumbermann, 1941, v. 61, № 22, p. 21.

Поступила 31 марта 1975 г.

УДК 621.9.025

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПЕРЕДНЕЙ ГРАНИ РЕЗЦОВ НА УДАРНУЮ ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

К. И. ДЕМЬЯНОВСКИЙ, Н. В. ШАШКОВА

Архангельский лесотехнический институт

Исследовано влияние глубины и направления шлифовочных рисок на ударную прочность режущей части резцов, изготовленных из инструментальных сталей и термически обработанных на высокую твердость.

Одна из причин выкрашивания режущих кромок инструмента при обработке древесины и материалов на ее основе — недостаточная ударная прочность режущих элементов.

Прочностные характеристики (ударная вязкость, ударная прочность) режущей части инструмента в расчетных сечениях, измеряемых долями миллиметров, в значительной мере зависят от ряда факторов, в том числе от качества подготовки режущих элементов и их шероховатости.

Нами определено влияние глубины и направления рисок шлифования передней грани резцов клиновидной формы на ударную прочность режущих элементов. Опытные резцы были изготовлены из углеродистых и легированных инструментальных сталей. Из каждой марки стали, принятой для исследования, изготовляли по четыре резца и термически обрабатывали по своему режиму (табл. 1).

Таблица 1

Марка стали	Режим термообработки		Твердость HRC	Маркировка резцов	Размеры резцов, мм
	Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С			
У8А	800	165 ± 5	59—60	I (1, 2, 3, 4)	2,1 × 4 × 45
У12А	810	200 ± 5	63—64	II (1, 2, 3, 4)	2,3 × 4 × 45
У12А	810	245 ± 5	60—61	III (1, 2, 3, 4)	2,3 × 4 × 45
9ХС	870	270	56—58	IV (1, 2, 3, 4)	2,4 × 4 × 45
7ХГНМО5	870 — 880	210 — 220	57—58	V (1, 2, 3, 4)	2,0 × 4 × 45

Ударную прочность режущей части резцов определяли на настольном маятниковом копре с запасом работы 30,4 кгс · мм [1], [2]. При установке резцов в столике копра погрешность в размере, определяющем положение режущей кромки относительно рабочего ребра бойка маятника h, не превышала 0,015 мм. Заданную величину h контролиро-

вали с помощью специального приспособления. Площадь расчетного сечения

$$F = h \cdot \operatorname{tg} \beta + b,$$

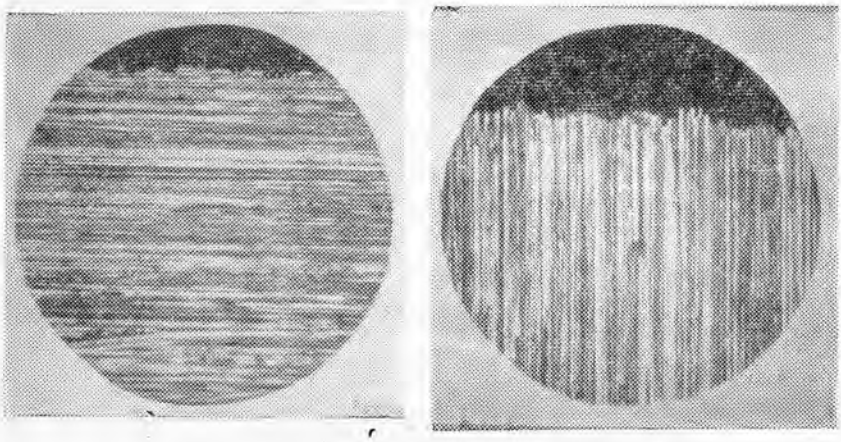
где β — угол заострения резца;
b — острота лезвия.

Усилие при закреплении резцов к упору столика копра создавали зажимным винтом с помощью динамометрического ключа.

Исследования проводили при шероховатости передней грани резцов ▽ 6 — ▽ 10 и различном направлении рисок шлифования относительно лезвия (параллельно и перпендикулярно лезвию).

Предварительно резцы затачивали в специальном приспособлении до требуемого угла заточки. Режимы заточки исключали возможность заметных структурных превращений металла режущих элементов. При этом шероховатость передней грани доводили до ▽ 10 — ▽ 12. После такой подготовки передние грани снова обрабатывали «острыми» брусками соответствующей зернистости для получения принятой в опытах шероховатости. С целью получения вполне определенного вида рисок шлифования и направления их относительно лезвия, последнюю обработку выполняли при однократном перемещении резца по бруску.

После получения планируемой шероховатости осторожно снимали заусенец. Острота лезвия, измеренная шириной теневой полоски, во всех случаях составляла 0,02—0,03 мм. О характере рисок при такой технологии их получения можно судить по рис. 1.



а *б*

Рис. 1. Риски шлифования на передней грани опытных резцов (увелич. в 47 раз).
а — риски параллельны режущей кромке (класс чистоты ▽7 — ▽8); *б* — риски перпендикулярны режущей кромке (класс чистоты ▽7 — ▽8).

Полный опыт по каждой марке стали и для каждого изучаемого фактора (шероховатости и направления рисок) состоял из 12—16 испытаний (3—4 переточки всех резцов каждой партии).

Результаты испытаний на ударную прочность режущих элементов резцов, полученные в условиях принятой методики опытов, приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Ударная прочность режущей части резцов в зависимости от шероховатости передней грани

Маркировка резцов	Шероховатость (по ГОСТу 2789—59)	Направление рисок шлифования	h, мм	Статистические показатели работы разрушения A				Ударная прочность $a_н$, $\frac{кгс \cdot мм}{мм^2}$
				M, кгс·мм	σ, кгс·мм	m, кгс·мм	p, %	
			Из стали У8А					
I	▽12—▽14	Без шлифования	0,15	4,90	0,25	0,1	6,04	15,8
	▽8	Вдоль лезвия	0,15	3,6	0,62	0,19	5,42	11,6
	▽8	Поперек лезвия	0,15	3,94	0,61	0,19	4,92	12,7
	▽8	„ „	0,15	3,87	0,62	0,21		12,5
			Из стали У12А					
II	▽12—▽14	Без шлифования	0,19	4,86	0,64	0,23	4,65	13,9
II	▽10—▽11	„ „	0.19	4,20	0,72	0,23	5,40	10,8
	▽7 —▽8	Вдоль лезвия	0,19	3,60	0,67	0,31	6,05	10,5
	▽7 —▽8	Поперек лезвия	0,19	4,80	0,72	0,23	5,01	13,7
III	▽12—▽14	Без шлифования	0,12	3,70	0,38	0,15	4,16	16,1
III	▽7 —▽8	Вдоль лезвия	0,12	3,24	0,28	0,11	3,22	14,3
III	▽7 —▽8	„ „	0,12	2,3	0,92	0,25	4,68	10,2
			Из стали 9ХС					
IV	▽10—▽11	Без шлифования	0,20	6,75	0,386	0,29	1,94	17,8
	▽9 —▽8	Вдоль лезвия	0,20	6,4	1,03	0,34	5,87	16,9
	▽7 —▽8	„ „	0,20	5,88	0,64	0,22	3,59	15,5
	▽6 —▽7	„ „	0,20	5,53	0,85	0,19	3,45	14,5
	▽8	Поперек лезвия	0,20	7,06				18,5
			Из стали 7ХГНМ05					
V	▽12—▽14	Без шлифования	0,14	4,18	0,19	0,15	2,35	15,3
	▽10	„ „	0,12—0,13	3,4	0,36	0,14	4,10	14,8
	▽9—▽8	Вдоль лезвия	0,13	2,68	0,27	0,14	5,3	11,6
	▽8	Поперек лезвия	0,14	3,49	0,55	0,21	5,5	13,4
	▽7	Вдоль лезвия	0,13	2,60	0,50	0.29		11,3
	▽7	Поперек лезвия	0,13	3,40	0,40	0,21	5,62	14,8

Примечание. Для маркировки I ширина резцов $b = 2{,}1$ мм, угол заточки $\beta = 36°$, расчетная площадь разрушения $F = 0{,}31$ мм²; для маркировок II и III $b = 2{,}3$ мм, $\beta = 36°$, $F = 0{,}35$ мм²; для маркировки IV $b = 2{,}38$ мм, $\beta = 36°$, $F = 0{,}38$ мм²; для маркировки $Vb = 2{,}05$, $\beta = 36°$, $F = 0{,}27$ мм².

Таблица 3

Шероховатость поверхности (по ГОСТу 2789—59)	▽10—▽11	▽9	▽8	▽7—▽8	▽7
Ударная прочность, %	$\frac{100}{100}$	$\frac{85—90}{—}$	$\frac{70—75}{80—100}$	$\frac{68—75}{90—98}$	$\frac{65—75}{90—98}$

Примечание. В числителе данные для рисок шлифования параллельно режущей кромке; в знаменателе — перпендикулярно режущей кромке.

Выводы

1. В проведенных условиях испытания различные инструментальные стали (У8А, У12А, 9ХС, 7ХГНМО5), термически обработанные на

высокую твердость, имеют сравнительно близкие показатели ударной прочности.

2. Шероховатость поверхности, а также направление шлифовочных рисок существенно влияют на показатели ударной прочности режущей части инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Демьяновский К. И., Васильева З. К. Копер для определения ударной прочности рабочей части резцов клиновидной формы. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 3. [2]. Демьяновский К. И. Ударная прочность рабочей части резцов. — Труды Архангельского лесотехнического института, XXXVI, 1972, с. 80.

Поступила 28 марта 1975 г.

УДК 674.093

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УВЕЛИЧЕННОЙ ЗОНЫ РАДИАЛЬНОСТИ ПРИ РАСПИЛОВКЕ ЛИСТВЕННИЦЫ КОМБИНИРОВАННЫМ РАЗВАЛЬНО-СЕГМЕНТНЫМ СПОСОБОМ

А. В. МИНЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Описан метод увеличения зоны радиальности за счет уменьшения угла радиальности.

Получение пиломатериалов из древесины лиственницы связано с определенными трудностями. Интенсивное растрескивание и коробление пиломатериалов при сушке приводят к потере их качества, снижению сортности и изменению физико-механических свойств [2], [3].

Наиболее оптимальный способ раскроя — комбинированный развально-сегментный; при этом получается максимальное количество обрезных радиальных пиломатериалов (рис. 3). Сушка их проходит вполне удовлетворительно при несколько увеличенной продолжительности [4].

Технические условия на резонансовые пиломатериалы, которые являются разновидностью пиломатериалов радиальной распиловки, предусматривают угол радиальности 60° и более. Однако в этом случае выход пиломатериалов очень низок и зона радиальности мала; она составляет лишь $^1/_3$ часть как при первом, так и втором проходах (рис. 1). Поэтому актуальным вопросом является увеличение зоны радиальности за счет уменьшения угла радиальности и, как следствие, увеличение полезного выхода.

Основная задача, поставленная перед нами при выборе минимального угла радиальности, заключалась в следующем: 1) обеспечить высококачественную сушку пиломатериалов; 2) сократить по возможности ее продолжительность без изменения физико-механических свойств.

В 1972—1973 гг. по заданию Свердниидрева на кафедре теплотехники СТИ были проведены исследования по формоизменяемости древесины лиственницы в процессе сушки. В результате было доказано, что пиломатериалы радиальной и полурадиальной распиловок в процессе сушки формоизменяются очень незначительно и сушатся практически без брака [4].

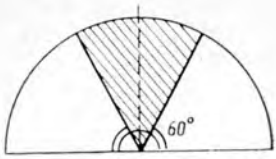


Рис. 1.

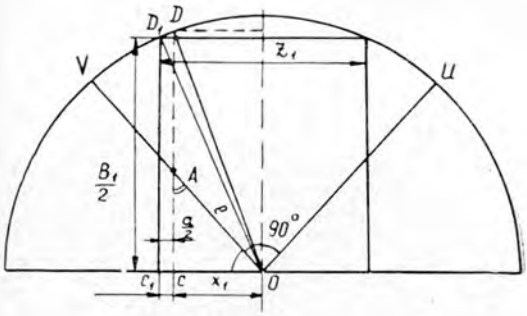


Рис. 2.

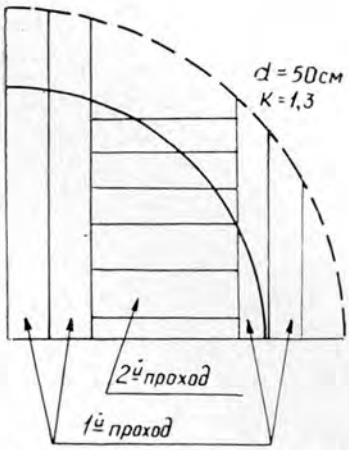


Рис. 3.

Пиломатериалы с углом радиальности менее 60° относятся к полурадиальным. Мы в своих теоретических расчетах, используя данные СТИ, за минимальный угол радиальности для полурадиальных пиломатериалов принимаем угол 45°. Определим аналитически ширину зоны радиальности для пиломатериалов общего назначения с минимальным углом радиальности 45° и сравним эти данные с более ранними [1].

Рассмотрим полуокружность с центром в точке O (рис. 2).

Искомая зона радиальности $z = 2x_1$, а полная

$$z_1 = 2x_1 + 2\,\frac{a}{2},$$

где a — толщина крайней доски постава с припуском на усушку и пропил.

Из рис. 2 имеем

$$\frac{OC}{AO} = \sin 45^\circ = 0{,}7,$$

а по условию из свойств зоны радиальности $AO = AV = \frac{r}{2}$.

Минимальная толщина крайней доски для крупномерных бревен 22 мм, а с учетом припуска на усушку и пропил — 30 мм.

Таким образом, для сырья диаметром 50 см вычисляем

$$OC = x_1 = \frac{r}{2} \cdot \frac{OC}{AO} = \frac{250}{2} \cdot 0{,}7 = 88 \text{ мм};$$

$$z_1 = 2x_1 + 30 = 88 \times 2 + 30 = 176 + 30 \text{ мм}.$$

Выражая первое слагаемое в долях диаметра бревна (500 мм), окончательно получим

$$z_1 = 0{,}352D + 30 \text{ мм}. \qquad (1)$$

Выражение (1) позволяет определять максимальную зону радиальности при первом проходе для всех крупномерных бревен в случае массовой распиловки их на радиальные пиломатериалы. Определим максимальную ширину крайних досок постава B_1 при первом проходе для всех крупномерных бревен (рис. 2). Из $\Delta\, OD_1C_1$ имеем

$$D_1C_1 = \sqrt{D_1O^2 - OC_1^2}.$$

Так как

$$D_1O = r = 250 \text{ мм},$$

а

$$OC_1 = OC + C_1C = OC + \frac{a}{2},$$

то

$$D_1C_1 = \sqrt{r^2 - \left(OC + \frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{250^2 - 103^2} = 227 \text{ мм}.$$

$$B_1 = 227 \cdot 2 = 454 \text{ мм}$$

или

$$B_1 = 0{,}91D. \qquad (2)$$

Выражение (2) позволяет определять максимальную ширину крайних досок при первом проходе для всех крупномерных бревен в случае распиловки на радиальные пиломатериалы массового назначения. При втором проходе метод расчета зоны радиальности аналогичен. Расчетные данные для сравнения с размерами зоны радиальности при обычной распиловке сведены в табл. 1, из которой видно, что при уменьшении угла радиальности до 45° зона радиальности первого прохода увеличивается на 25—30%. По исследованиям А. А. Янушкевича, выход радиальных пиломатериалов из сырья диаметром 32—40 см при обычном способе раскроя на резонансовые пиломатериалы составляет соответственно 51,4—52,8%. При уменьшении угла радиальности до 45° выход пиломатериалов радиальной распиловки из сырья диаметром 38—50 см составляет 64—66%, то есть на 12—14% больше.

Таблица 1

Диаметр бревен, см	Максимальная ширина 1-го прохода	Ширина крайних досок постава
38	125/164	364/345
40	130/171	384/364
42	136/178	403/382
44	142/185	422/400
46	147/192	441/419

Примечание. В числителе данные при угле радиальности 60°; в знаменателе—45°.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Баранов С. А. Исследование методов рационального раскроя резонансовой древесины. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1956. [2]. Бокщанин Ю. Р. Обработка и применение древесины лиственницы. М., «Лесная промышленность», 1973. [3]. Кротов Л. Н. Способ определения оптимальных размеров шпаций при атмосферной сушке пиломатериалов. — Труды СибТИ, сб. 15, 1957. [4]. Кротов Л. Н., Брендуля Н. Ф. и др. Исследование и разработка технологических мероприятий, обеспечивающих формоустойчивость лиственницы при эксплуатации. — Отчет по научно-исследовательской теме № 407. Красноярск, 1972—1973 гг.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.812

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КРИТЕРИЕВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ПИРОЛИЗЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ*

В. В. АТРОШКО, В. М. ЗАЙЦЕВ, В. Н. ПИЯЛКИН, А. К. СЛАВЯНСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты расчета температурных полей при пиролизе измельченной древесины в условиях противотока газового теплоносителя в интервале температур до 1000°С. Показано определяющее влияние скорости газа и размера частиц на интенсивность процесса.

В основе современной технологии непрерывного пиролиза древесины лежит использование принципа плотного слоя, внутреннего нагрева и противотока движения сырья с газовым теплоносителем.

Учитывая сложность протекающих процессов тепло- и массообмена, мы считаем наиболее целесообразной поэтапную разработку метода расчета. Первый этап заключается в расчете температурных полей и распределении температур сырья и теплоносителя. На втором этапе, используя данные распределения температур и гидродинамики процесса, необходимо решить вопросы кинетики пиролиза с прогнозированием качества и количества получаемых продуктов. На третьем, заключительном, этапе мы считаем возможным связать процессы пиролиза в единую математическую модель для решения основных вопросов динамики процесса.

В данной статье рассмотрены вопросы только первого этапа и введены следующие обозначения:

x — координата по толщине куска, м;

R — радиус куска (d — диаметр куска), м;

$X\ \frac{x}{R}$ — безразмерная координата;

y — координата по длине канала, м;

w — скорость подачи материала, м/ч;

$w_г$ — скорость теплоносителя через поперечное сечение канала, м/с;

Bi — теплообменный критерий Био; $\mathrm{Bi} = \frac{\alpha_F \cdot R}{\lambda}$;

F_0 — критерий Фурье; $F_0 = \frac{a \cdot \tau}{R}$;

τ — время, ч (с);

α_V — коэффициент теплоотдачи, отнесенный к единице объема, ккал/м³·ч·град;

α_F — коэффициент теплоотдачи, отнесенный к единице поверхности, Вт/м²·град (ккал/м²·ч·град);

t — температура материала, °С;

T — температура теплоносителя, °С; °К;

* Статья печатается в порядке обсуждения.

V — безразмерный температурный критерий для материала; $V = \frac{t - t'}{T'' - t'}$;

Θ — то же для газа; $\Theta = \frac{T - t'}{T'' - t'}$;

m — безразмерный параметр, равный отношению теплоемкостей потоков материала и газа;

G — расход материала, кг/ч;

$G_г$ — расход газа, кг/ч;

c — теплоемкость сырья, 0,366 ккал/кг·град [10];

$c_г$ — теплоемкость газа, 0,273 ккал/кг·град [14];

L — длина канала, м;

δ_i — корень трансцендентного уравнения;

f — порозность слоя, 0,4;

A_F — коэффициент, зависящий от материала, 55;

п — относительно поверхности;

м — относительно массы (средней по массе величины);

ц — относительно центра куска;

г — отнесенное к газу;

i — фиксированное значение коэффициента — критерия для произвольного момента;

$'$ — отнесенное ко входу в канал;

$''$ — отнесенное к выходу из канала.

По литературным данным [4], [5], [11], [17], в условиях плотного слоя и противотока газа наиболее пригоден метод В. Н. Тимофеева [15], где задача сводится к решению системы уравнений в критериальной форме

$$\left.\begin{aligned} \frac{dV}{d\mathrm{Fo}} &= \frac{d^2V}{dX^2} + \frac{2}{X}\cdot\frac{dV}{dX}; \\ mV + 1 - V_{X=1} &= \frac{1}{\mathrm{Bi}}\left(\frac{dV}{dX}\right)_{X=1}. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Начальные условия: $F_0 = 0$; $V = 0$ [9].

Решение системы (1) получено в виде ряда, который довольно быстро сходится

$$V = \frac{1}{m} + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \frac{\sin \delta_i X}{X} \exp\left(-\delta_i^2 \mathrm{Fo}\right). \quad (2)$$

Используя этот метод, решим следующую задачу. В реторте постоянного сечения S длиной L непрерывным потоком с постоянной скоростью W движется древесина, состоящая из кусков радиусом R. Слой древесины продувается газом (теплоносителем) в противотоке, расход газа $G_г$ и теплоемкость его $c_г$. В слое между газом и древесиной происходит теплообмен, коэффициент теплоотдачи α_F

Процесс нагрева частиц условно принимаем без учета внутренних источников или стоков тепла, а величину экзотермы включаем в приходную статью теплового баланса пиролиза древесины.

Требуется: 1) описать зависимость температуры частицы (по поверхности, центру и средней по массе) от ее местонахождения в реторте по времени; 2) рассчитать данные температуры для частиц различного диаметра; 3) определить продолжительность прогрева частиц в условиях различных скоростей и температур газа.

Исходные данные: t' — температура сырья на входе — 20°С; t'' — температура сырья на выходе — 700°С; T'' — температура газового теплоносителя на входе — 1000°С; T' — температура газового теплоносителя на выходе — 120°С; S — поперечное сечение канала — 0,071 м²; L — длина канала — 2 м; по материальному и тепловому балансу: G — расход сырья — 639,0 кг/ч; $G_г$ — расход теплоносителя — 670,0 кг/ч; W — линейная скорость подачи сырья — 27 м/ч; $W_г$ — скорость теплоносителя в канале — 2,11 м/с.

Входные данные, требующие расчета

1. Параметр

$$m = \frac{G \cdot c}{G_г \cdot c_г} \tag{3}$$

или

$$m = \frac{T'' - T'}{t'' - t'}. \tag{4}$$

Основным при этом должно быть требование выполнения уравнения теплового баланса, которое для рассматриваемых условий имеет вполне определенные параметры и остается неизменным.

Точность в определении m значительно влияет на окончательный результат. Так, например, для средних условий ошибка в определении m на 0,1 при расчете критерия V вызывает разброс значений последнего в интервале $0{,}3 \pm 0{,}5$, что, в свою очередь, приводит к колебаниям в определении температуры в пределах 30—50°С (в данных условиях).

При расчетах по формуле (3) получаем

$$m = \frac{636 \cdot 0{,}366}{670{,}8 \cdot 0{,}273} \approx 1{,}27679;$$

по формуле (4)

$$m = \frac{1000 - 120}{700 - 20} \approx 1{,}29411.$$

Как видно, разница в расчете составляет примерно 0,02, что вполне обеспечивает требуемую точность и подтверждает достоверность данных, полученных из материального и теплового балансов.

2. Коэффициент теплоотдачи α_F.

Из большого числа экспериментальных исследований [1], [2], [6], [12] только в работе Фурнаса [18] учтено влияние лучистой составляющей на величину коэффициента теплоотдачи. По предложенной автором обобщенной формуле

$$\alpha_V = A_F \frac{W_г^{0,7} \cdot T^{0,3}}{d^{0,9}} \cdot 10^{1,68f - 3,56f^2} \tag{5}$$

выполнены расчеты для нагрева древесины при размере частиц 0,0025—0,05 м, скорости теплоносителя 0,25—6,0 м/с и температуре 373—1273°К (рис. 1). Значения α_F определяли по найденным α_V для интервала температур 500—550°С с учетом поверхности частиц и порозности слоя.

3. Критерий Био.

Для скорости газа 2,11 м/с (по материальному балансу) рассчитаны значения α_F и Bi (табл. 1).

Таблица 1

R, м	0.0025	0,005	0,01	0,025	0,05
α_F	166,84	178,79	191,50	209,93	225,11
Bi	0,1793	0,3843	0,8233	2,2564	4,8390

Примечание. При расчете Bi значение α_F брали заниженным в 10 раз, с учетом движущегося плотного слоя [3], при этом получается более точный расчет температурных полей.

4. Корни характеристического уравнения.

Б. И. Китаев [8] рассчитал корни для наиболее ходовых параметров m и Bi. Однако метод интерполяции вызывает значительную ошибку в определении критериев, поэтому мы использовали метод «последовательных сближений»; корни δ_i при этом определены с точностью 0,0005.

Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

R, м	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05
δ_1	0,3900	0,5630	0,9050	1,1750	1,4950
δ_2	4,5329	4,5734	4,6514	4,8443	5,0547
δ_3	7,7508	7,7739	7,8262	7,9754	8,1813

Решение задачи. Критерий V рассчитывали по формуле (2) для различных шагов h: а) при изменении L от 0 до 0,25 м $h = 0{,}05$ м; б) при $L > 0{,}25$ $h = 0{,}25$ м. Выбор такого шага дал возможность более подробно проследить изменение температуры для частиц малого радиуса по всей длине канала.

Переход от найденного критерия к температуре может быть осуществлен следующим образом:

а) для температуры материала

$$t_м = V(T'' - t') + t'; \tag{6}$$

б) для газа

$$\Theta_i = \Theta' - m(V''_м - V_м), \tag{7}$$

где

$$\Theta' = -m(V''_м - V_м);$$

тогда

$$T_{гi} = \Theta_i(T'' - t') + t'. \tag{8}$$

Расчет проводили до момента, когда температура центра куска достигала 900—950°С.

Результаты расчета, проведенного на ЭВЦМ «Минск-22», представлены в виде графиков. Из рис. 2 видно, что с увеличением радиуса куска от 0,0025 до 0,05 м необходимое время прогревания заметно возрастает и достигает 40 мин. Необходимая длина канала при сохранении теплового баланса в данных условиях должна составлять не менее 18,0 м. Температуры поверхности, центра и в среднем массы для первых трех наименьших расчетных размеров куска в каждом сечении канала различаются незначительно, тогда как для частиц диаметром 0,05—0,1 м градиенты температур поверхности и центра достигают 300—400°С. Оптимальный средний диаметр частиц для скоростного пиролиза не более 0,02 м, а время прогрева в данном случае составляет не более 5 мин при скорости газового теплоносителя 2,11 м/с (рис. 3).

Сохраняя уравнение теплового баланса, расчетным путем определяли температуры центра частиц в зависимости от длительности прогрева и изменения скорости теплоносителя в интервале 0,25—6,0 м/с (рис. 4). Полученные данные показывают резкое уменьшение расчетного времени прогрева с возрастанием скорости теплоносителя. Так, при 6 м/с даже для кусков диаметром до 0,1 м необходимое время обработки составляет около 15 мин (рис. 5), что указывает на определяющую роль скорости газового теплоносителя при соответствующем технологическом оформлении высокоинтенсивных методов пиролиза.

В табл. 3 сопоставлены показатели для существующих аппаратов пиролиза измельченной древесины и предлагаемой установки с подпрессованным слоем. Из данных этой таблицы видно, что при переработке относительно одинаковых по размерам частиц древесины в предлагаемой установке значительно интенсифицируется процесс нагрева за счет увеличения скорости и температуры теплоносителя. В свою очередь, уносу сырья из реактора при таких высоких скоростях газа препятствует использование подпрессованного слоя.

Таблица 3

Показатели	Вид установки			Предлагаемая установка с полпрессованным слоем	
	Газогенератор [13]	Топка-генератор [7]	Вертикальная реторта [16]		
Средний размер частиц, м	0,012	0,012	0,04	0,03	0,012
Скорость теплоносителя по свободному сечению канала, м/с	0,073	0,906	0,42	2,11	
Время пребывания частиц в канале, мин	42,0/30,7	11,4/9,9	67,5/49,2	—/4,1	—/2,04
Удельная производительность установки по абс. сухой древесине, кг/м³·ч	180/246	922/1067	170/233	—/4341	—/8725

Примечание. В числителе экспериментальные данные; в знаменателе — расчетные.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аэров М. А., Тодес О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов с кипящим зернистым слоем. Л., «Химия», 1968. [2]. Гольдфриб Э. М. Теплотехника металлургических процессов. «Металлургия», 1967. [3]. Горбис Э. Г. Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков. М., «Энергия», 1970, с. 320. [4]. Иванцов Г. П., Любов Б. Я. — ДАН СССР, 1952, XXXV, № 5. [5]. Канторович Б. В. — Известия АН СССР, ОТН, 1948, № 1, с. 73. [6]. Канторович Б. В. Основы теории и газификации твердого топлива. М., АН СССР, 1968. [7]. Кацнельсон Б. Д. и др. Слоевые методы энергохимического использования топлива. Энергоиздат, 1962, с. 60, 125. [8]. Китаев Б. И., Ярошенко Ю. Т., Лазарев Б. Л. Теплообмен в доменной печи. М., «Металлургия», 1966. [9]. Китаев Б. И., Тимофеев В. Н. и др. Тепло- и массообмен в плотном слое. М., «Металлургия», 1972. [10]. Козлов В. Н., Нимвицкий А. А. Технология пирогенетической переработки древесины. М.—Л., Гослесбумиздат, 1954, с. 20. [11]. Левин Э. Д. Основы теории и технологии пиролиза коры хвойных пород. Дис. на соиск. учен. степени доктора техн. наук. Красноярск, СТИ, 1970. [12]. Любошиц А. Н., Куц П. С. Тепло- и массообмен в сушильных и термических процессах. Минск, 1966, с. 323—326. [13]. Лямин В. А. Газификация древесины. М., «Лесная промышленность», 1967, с. 37, 66—70. [14]. Равич М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. М., «Наука», 1967, с. 345. [15]. Тимофеев В. Н. — В сб.: Регенеративный теплообмен. Теплоотдача в струйном потоке (ВНИИМТ), № 8, Свердловск, «Металлургия», 1962. [6]. Юшманов С. Н. и др. Перспективный путь интенсификации и совершенствования процесса пиролиза древесины. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1970, № 3, с. 26—28. [17]. Ярошенко Ю. Б., Шкляр Ф. Р. — «Теплофизика высоких температур», 1968, № 3, с. 474. [18]. Furnas C. C. Heat transfer from a gas stream to bed of broken solids. Bull. Bureau of Mines USA, 1922, № 361.

Поступила 28 марта 1973 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 547.458.81

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АЛКИЛИРОВАНИЯ Na-КСАНТОГЕНАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДИМЕТИЛСУЛЬФАТОМ

А. А. ВАЙСБУРД, К. А. МАЛЫШЕВСКАЯ, А. В. ФИНКЕЛЬШТЕЙН, Н. И. ПИЛЬНИКОВА

Сибирский технологический институт

Показана возможность спектрофотометрического изучения кинетики алкилирования Na-ксантогената целлюлозы диметилсульфатом в гомогенных и гетерогенных условиях. Установлено, что в гомогенных условиях процесс коагуляции метилксантогената не мешает кинетическим наблюдениям, а в гетерогенных условиях реакция протекает в кинетической области.

Один из основных методов получения стабильных производных ксантогенатов целлюлозы — реакция алкилирования ксантогенатов алкилсульфатами, галоидными алкилами и др. В настоящей статье приведены первые результаты работы, цель которой — изучить кинетику реакций алкилирования ксантогенатов целлюлозы в гетерогенных условиях.

В качестве алкилирующего агента взят диметилсульфат ввиду его высокой реакционной способности в широком интервале сред и температур [3], [4]. В литературе [5] имеются сведения по использованию тонких пленок вискозы для изучения превращений ксантогенатов целлюлозы, но, однако, возникает сомнение, не лимитируется ли скорость реакции в этом случае диффузией алкилирующего реагента. Чтобы убедиться, в какой области протекает реакция, было проведено сравнительное изучение кинетики алкилирования Na-ксантогената целлюлозы диметилсульфатом в гомогенных и гетерогенных условиях.

На спектрофотометре СФ Д-2 обычным методом были сняты электронные спектры поглощения растворенных ксантогенатов целлюлозы

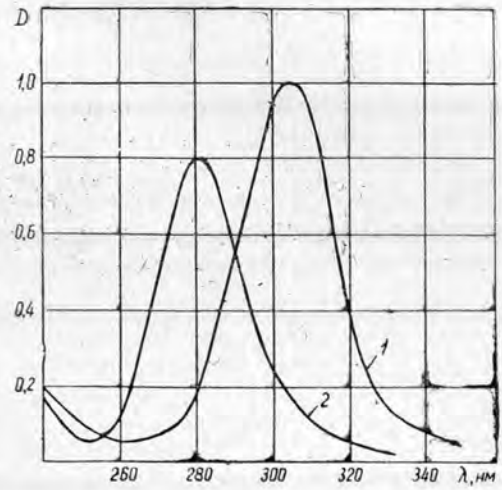


Рис. 1. Электронные спектры поглощения в водном растворе диметилсульфата.

1— Na-ксантогенат целлюлозы; 2— метилксантогенат целлюлозы.

(рис. 1). Как видно из рис. 1, спектры поглощения Na- и метилксантогенатов в интервале длин волн 250—350 нм имеют по одной весьма интенсивной полосе с максимумами при 301 и 282 нм соответственно, что свидетельствует о принципиальной возможности спектрофотометрического изучения кинетики превращений Na-ксантогената в алкилксантогенат по изменению оптической плотности при указанных длинах волн, тем более, что как установлено нами, для Na- и алкилксантогенатов при этих длинах волн соблюдается закон Ламберта — Бера в интервале концентраций $1 \cdot 10^{-5} - 10 \cdot 10^{-5}$ М.

Объектом исследования служил Na-ксантогенат целлюлозы, полученный известным методом [2] и тщательно очищенный от побочных серусодержащих продуктов [1]. Кинетику процесса метилирования изучали спектрофотометрически в интервале длин волн 250—350 нм. В работе использовали призматические кюветы ($l = 10$ мм) и кварцевые пластины ($l = 1{,}5$ мм). Температуру в камере спектрофотометра поддерживали ультратермостатом UR-10 с точностью $\pm 0{,}1$°С.

Порядок проведения всех опытов по метилированию был следующий:

а) в гетерогенных условиях — очищенную вискозу тонким слоем наносили на кварцевую пластину. Пластину с пленкой помещали в кювету, установленную в камере спектрофотометра, после чего определяли плотности при 301 и 282 нм соответственно. Затем в кювету вводили раствор диметилсульфата в этиловом спирте концентрацией 10^{-2} М и вели наблюдение за изменением оптической плотности при указанных длинах волн.

б) в гомогенных условиях — в термостатируемую кювету спектрофотометра помещали 3,5 мл раствора диметилсульфата в буфере pH=7,0 с концентрацией 10^{-2}М, к нему прибавляли 0,2 мл очищенного Na-ксантогената целлюлозы, полученного растворением 0,5—0,7 г Na-ксантогената в 100 мл раствора NaOH при 273°К и затем наблюдали за изменением оптической плотности при 288°К. Некоторые данные этих наблюдений представлены на рис. 3.

Необходимо отметить, что образующийся в гомогенных условиях метилксантогенат не растворим. Возникает вопрос, сказывается ли это на спектрофотометрическом определении кинетических параметров реакции. Для выяснения вопроса на нефелометре Пульфриха наблюдали за изменением рассеяния света во времени для системы, составленной в соответствии с пунктом б.

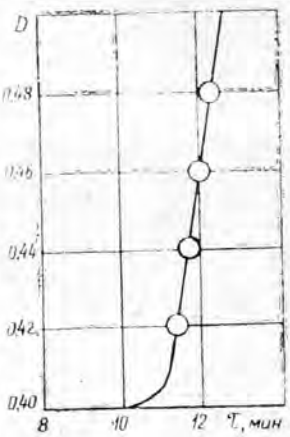


Рис. 2. Зависимость относительного помутнения от времени экспозиции для системы Na-ксантогенат — раствор диметилсульфата.

Результаты представлены на рис. 2, из которого видно, что ощутимое рассеяние начинает наблюдаться после 12-минутной экспозиции реакционной смеси. Поскольку время наблюдения за кинетикой метилирования во всех проведенных нами опытах не превышало 12 мин, релеевское рассеяние не сказывалось на полученных результатах.

Как видно из рис. 3, метилирование Na-ксантогената целлюлозы как в пленке, так и в растворе проходит по реакции первого порядка по ксантогенату. В связи с этим константы скорости вычисляли обработкой экспериментальных данных по убыли содержания Na-ксантогената целлюлозы и приращению содержания метилксантогената методом регрессионного анализа в координатах

$$2{,}303 \lg \frac{D_1^{x} \varepsilon_{11}^{*} - D_{01} \varepsilon_{21}^{*}}{D_{01} \left(\varepsilon_{11}^{*} - \varepsilon_{21}^{*}\right)}; \quad \tau$$

и

$$2{,}303 \lg \frac{D_{01} \left(\varepsilon_{22}^{*} - \varepsilon_{12}^{*}\right) - \varepsilon_{11}^{*} \left(D_{02} - D_2^{x}\right)}{D_{01} \left(\varepsilon_{22}^{*} - \varepsilon_{12}^{*}\right)}; \quad \tau,$$

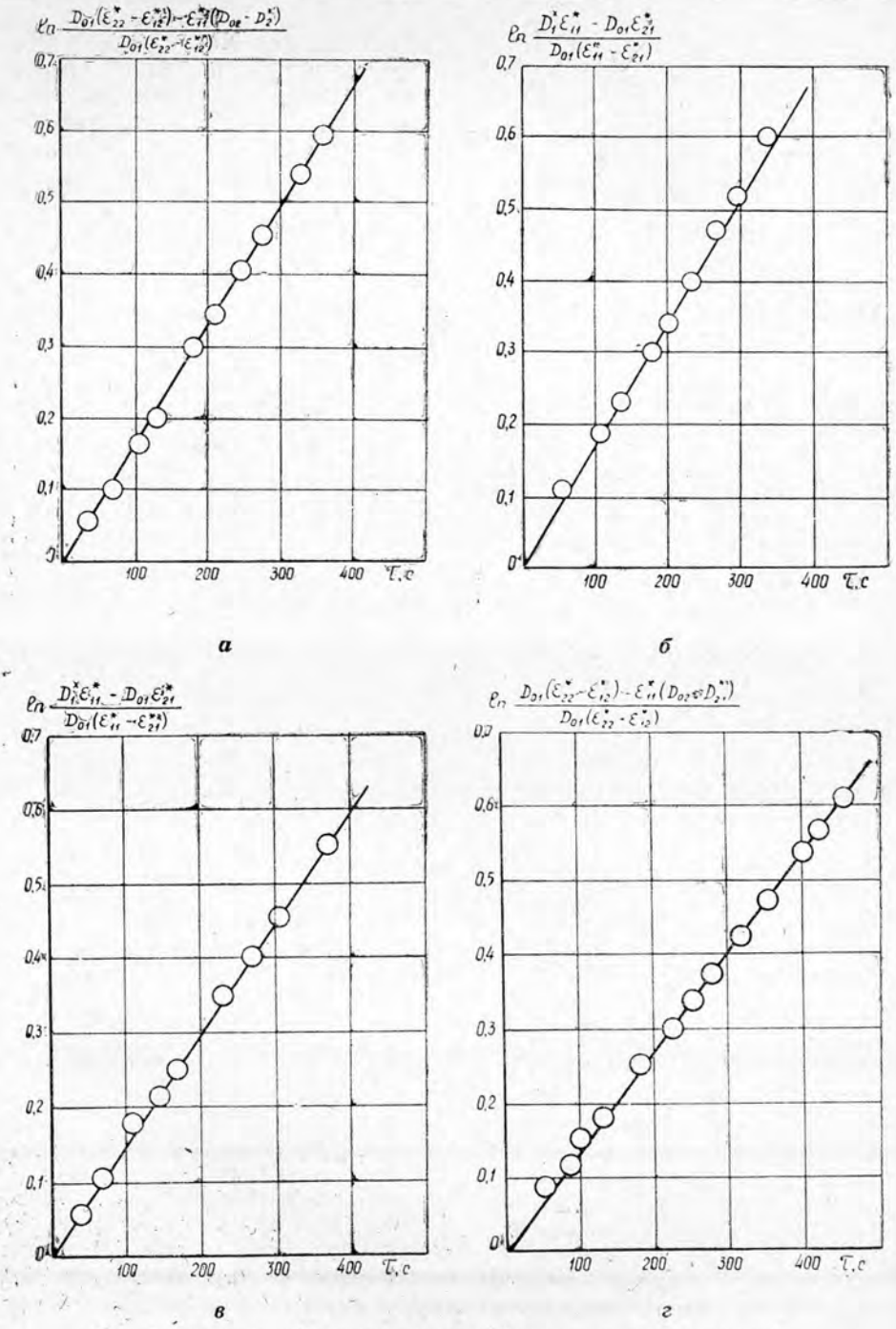


Рис. 3. Полулогарифмические анорморфозы кинетических кривых реакции метилирования Na-ксантогената целлюлозы.

а — в гомогенных условиях при 282 нм; б — в гетерогенных условиях при 282 нм; в — в гомогенных условиях при 301 нм; г — в гетерогенных условиях при 301 нм.

где D_{01}, D_{02} — значения оптической плотности при 301 и 282 нм соответственно в начальный момент времени;

D_1^*, D_2^* — то же в текущий момент времени;

ε^*_{11} — коэффициент поглощения* Na-ксантогената целлюлозы при 301 нм;

ε^*_{12} — то же при 282 нм;

ε^*_{21} — коэффициент поглощения метилксантогената целлюлозы при 301 нм;

ε^*_{22} — то же при 282 нм,

что соответствует кинетическим уравнениям

$$\ln \frac{D_1^x \varepsilon^*_{11} - D_{01}\varepsilon^*_{21}}{D_{01}\left(\varepsilon^*_{11} - \varepsilon^*_{21}\right)} = k\tau \text{ при 301 нм}$$

или

$$\ln \frac{D_{01}\left(\varepsilon^*_{22} - \varepsilon^*_{12}\right) - \varepsilon^*_{11}\left(D_{02} - D_2^x\right)}{D_{01}\left(\varepsilon^*_{22} - \varepsilon^*_{12}\right)} = k\tau \text{ при 282 нм.}$$

Последние два выражения получены нами при совместном решении кинетического уравнения необратимых реакций 1-го порядка и уравнений, связывающих оптическую плотность с концентрацией. Рассчитанные таким образом значения константы скорости приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют об отсутствии ощутимых побочных процессов, поскольку константы скорости, рассчитанные по убыли исходного вещества, близки к найденным по накоплению продукта. Сопоставление констант скорости гетерогенного и гомогенного метилирования убедительно указывает на то, что гетерогенный процесс протекает в кинетической области.

Следовательно, возможность спектрофотометрического изучения кинетики алкилирования Na-ксантогената целлюлозы диметилсульфатом в гомогенных и гетерогенных условиях не вызывает сомнения.

Таблица 1

№ опыта	$k \cdot 10^{-3} \cdot c^{-1}$ в гетерогенных условиях	$k \cdot 10^{-3} \cdot c^{-1}$ в гомогенных условиях
1	1,5/1,5	1,8/1,7
2	1,5/1,6	1,6/1,0
3	1,7/1,5	1,8/2,0
4	1,7/1,7	1,7/1,6
5	1,6/1,5	1,6/1,7
$k_{ср}$	1,6/1,6	1,7/1,6

Примечание. В числителе данные рассчитаны по накоплению продукта; в знаменателе — по убыли исходного вещества.

* Приведенные ниже коэффициенты поглощения рассчитаны на моль вещества в объеме кюветы, то есть

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon \cdot 1000}{V},$$

где ε — коэффициент экстинкции; V — объем кюветы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Котомина И. Н., Серков А. Г. — «Химические волокна», 1969, № 5, с. 71—72. [2]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М., «Лесная промышленность». 1965. [3]. Geiger E. Helv. chim. acta, 1930, 13, 281. [4]. Lilienfeld L. Br. pat., 252, 654, may 30, 1925. [5]. Phiefer L. H. J. Appl. Polym. Sci 1965, 9, № 3, 1041—55.

Поступила 25 июня 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

УДК 674.032.14 : 668.411 : 001.5

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЫХОД И СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ, ИЗВЛЕЧЕННЫХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

С. Д. АНТОНОВСКИЙ, М. М. ЧОЧИЕВА, Н. Д. АВАКЯН, Л. П. БИЧЕВАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Показано, что избыточное гидравлическое давление способствует увеличению выхода водорастворимых веществ, извлеченных из лиственничной щепы. Скорость их извлечения уменьшается с увеличением длительности опыта. Изучена кинетика процесса извлечения и состав водорастворимых веществ.

Процесс извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы протекает гораздо медленнее, чем из опилок, так как зависит от диффузии в капиллярах при пропитке щепы водой и при движении раствора изнутри куска к его поверхности.

Задача настоящего исследования — изучить степень влияния постоянного избыточного гидравлического давления на кинетику извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы и их состав.

Опыты проводили на технологической лиственничной щепе, полученной от Братского ЛПК. Физические показатели щепы: насыпная масса 164,2 кг/м^3 (воздушно сухая); диаметр поровых каналов слоя $4{,}505 \cdot 10^{-3}$ мк; удельная поверхность насыпного слоя 633 м^2/м^3. Химический состав древесины (опилки размером 0,25—1,0 мм); содержание водорастворимых веществ 11,6%; целлюлозы 46,6; лигнина 29,3; пентозанов 6,1; уроновых кислот 2,3; растворимых в эфире веществ 1,1; растворимых в спирто-бензоле 2,9% от веса древесины.

Кинетику процесса извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы (доведенной до 40%-ной влажности) изучали в лабораторном биметаллическом автоклаве емкостью 7 л с принудительной циркуляцией жидкости (2 л в 1 мин) и электрообогревом. Время от момента наполнения горячей водой до подъема давления, включения циркуляции и отбора первой пробы раствора было постоянным во всех опытах и составляло 10 мин.

В начале опыта избыточное гидравлическое давление быстро снижалось от 10 до 4—6 ати. Это свидетельствовало о проникновении воды в поры древесины. С помощью гидравлического пресса давление снова поднимали до 10 ати и поддерживали постоянным до конца опыта.

Экстракцию водорастворимых веществ проводили при температурах 60, 70, 80, 90 и 100°С. Пробы экстракта отбирали через 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100 и 130 мин от начала опыта. Содержание водорастворимых веществ в экстракте определяли по сухому остатку от упаривания 10 мл раствора. При расчете концентрации раствора учитывали сухой остаток веществ, отобранных в предыдущих пробах.

Результаты представлены на рис. 1. Из сопоставления кинетических кривых *I* и *Ia*, *IV* и *IVa* видно, что применение избыточного гидравлического давления способствует увеличению выхода водорастворимых веществ по сравнению с экстракцией щепы без давления при одинаковых температурах. Например, за 70 мин при 90°С без давления извлекалось 38,6, а с избыточным гидравлическим давлением — 44,6% водорастворимых веществ от общего количества их в древесине. С повышением температуры опыта выход веществ также увеличивался. Например, за 70 мин при 60°С извлекалось 29,3, а при 100°С — 46,5% водорастворимых веществ от их содержания в древесине.

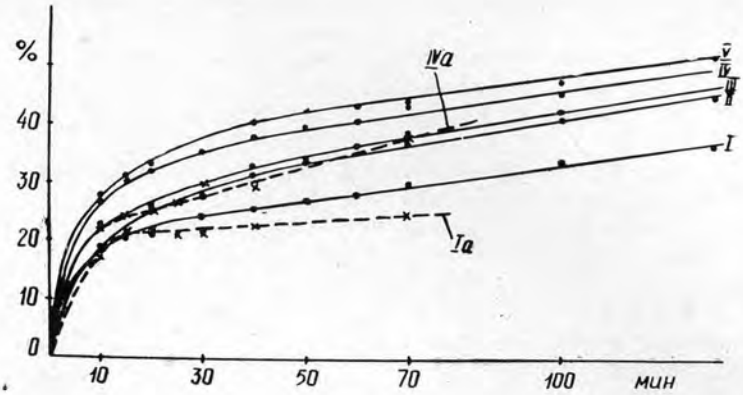


Рис. 1. Кинетические кривые извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы при постоянном избыточном гидравлическом давлении.

I — 60°С; *II* — 70; *III* — 80; *IV* — 90; *V* — 100°С; *Ia* — 60°С (без давления); *IVa* — 90°С (без давления).

Таблица 1

№ кривых (по рис. 1)	Условия экстракции		Скорость извлечения, %/мин	Константа скорости извлечения
	Температура, °С	Продолжительность опыта, мин		
I	60	0—10	1,9	0,0211
		10—30	0,26	0,0033
		30—130	0,12	0,0017
II	70	0—10	1,9	0,0211
		10—30	0,43	0,0056
		30—130	0,17	0,0027
III	80	0—10	2,28	0,0258
		10—30	0,30	0,0040
		30—130	0,18	0,0029
IV	90	0—10	2,62	0,0304
		10—30	0,43	0,0062
		30—130	0,13	0,0023
V	100	0—10	2,78	0,0325
		10—30	0,36	0,0052
		30—130	0,13	0,0024
Ia	60 (без давления)	0—10	1,9	0,0211
		15—70	0,03	0,0004
IVa	90 (без давления)	0—10	2,48	0,0285
		15—70	0,25	0,0037

В табл. 1 представлены данные об изменении скорости извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы при избыточном гидравлическом давлении (10 ати). Кинетические кривые показывают, что скорость извлечения меняется с увеличением длительности опыта при всех температурах. Наибольшая скорость извлечения — в первые 10 мин экстракции. В этот период, вероятно, в раствор переходят вещества с поверхности и близлежащих слоев древесины. С повышением температуры от 60 до 100°С скорость экстракции увеличилась в 1,5 раза.

По мере проникновения растворителя вглубь структуры древесины извлечение водорастворимых все больше затрудняется, скорость перехода их в раствор сильно уменьшается (в 8—13 раз): от 1,9—2,78%/мин до 0,26—0,43%/мин; в период экстракции 30—130 мин скорость достигает постоянного значения 0,15±0,03%/мин независимо от температуры опыта.

При извлечении водорастворимых веществ из лиственничной щепы без избыточного гидравлического давления скорость экстракции в первые 10 мин была такой же, как и при экстракции с давлением. Затем она резко снижается (в 10—60 раз) и остается постоянной до конца опыта.

Для отдельных участков кинетических кривых уравнения регрессии, характеризующие количественный вклад каждого переменного фактора в процесс извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы, имеют следующий вид при изменении температуры (X_1) от 60 до 100°С:

в интервале изменений длительности опыта (X_2) от 10 до 30 мин

$$Y_1 = 3{,}14 + 0{,}69X_1 + 0{,}46X_2 + 0{,}01X_1X_2;$$

в интервале X_2 от 30 до 60 мин

$$Y_2 = 3{,}93 + 0{,}73X_1 + 0{,}33X_2 + 0{,}03X_1X_2;$$

в интервале X_2 от 60 до 130 мин

$$Y_3 = 4{,}7 + 0{,}75X_1 + 0{,}45X_2.$$

Регрессионный анализ показал, что на выход водорастворимых веществ при постоянном избыточном гидравлическом давлении бо́льшее положительное влияние оказывает температура опыта, чем его продолжительность (в 1,5—2,2 раза).

В табл. 2 представлены результаты химического анализа водорастворимых веществ, извлекаемых из лиственничной щепы при раз-

Таблица 2

Вещества	Время от начала опыта, мин	Количество извлекаемых веществ, % от сухого остатка, при температуре °С				
		60	70	80	90	100
Арабиногалактан, осаждаемый спиртом	10	94,7	96,2	96,8	95,0	95,0
	20	93,8	96,0	91,0	95,1	94,4
	40	90,4	94,0	90,0	90,0	91,5
	70	90,0	94,6	90,0	63,2	90,8
	130	92,0	94,0	93,0	91,0	88,6
Фенольные вещества в пересчете на дигидрокверцетин	10	1,35	1,45	1,40	1,44	1,52
	20	1,40	1,46	1,64	1,52	1,75
	40	2,05	1,52	1,96	1,93	1,78
	70	2,3	1,65	2,09	2,10	2,5
	130	2,3	1,72	1,91	2,15	2,4
Редуцирующие вещества до инверсии	10	—	7,6	5,6	5,4	5,6
	20	—	6,5	5,7	5,4	5,9
	40	4,7	5,8	5,9	5,7	6,5
	70	5,1	6,1	6,6	5,9	6,7
	130	5,1	6,8	7,1	6,7	7,3
Соотношение галактозы и арабинозы в арабиногалактане	10	4 : 1	4,5 : 1	2,7 : 1	4,2 : 1	5,2 : 1
	20	—	4,2 : 1	5,0 : 1	—	—
	40	—	—	3,5 : 1	4,2 : 1	—
	70	—	—	4,2 : 1	—	—
	130	4,7:1	5,1 : 1	5 : 1	—	—

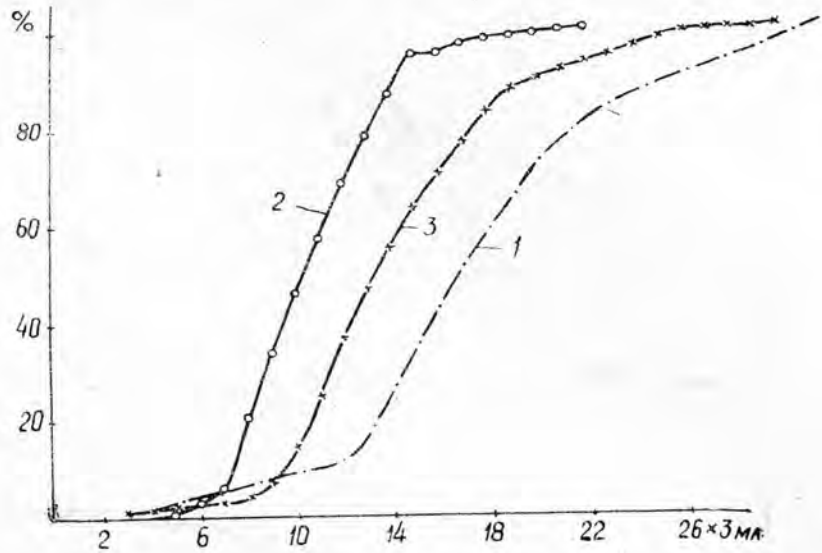


Рис. 2. Влияние длительности экстракции водорастворимых веществ при 60°С на фракционный состав арабиногалактана.

1 — 10 мин; *2* — 40 мин; *3* — 130 мин.

ных температурах. В первые 10 мин экстракции извлекается наиболее чистый арабиногалактан (АГ; 94,7—96,8%). С увеличением длительности экстракции выход полимерного АГ уменьшается, а количество извлекаемых примесей и редуцирующих веществ до инверсии возрастает. Последнее свидетельствует о частичной деструкции АГ, которая усиливается с повышением кислотности раствора (pH менялся от 5,4 до 4,7) при увеличении температуры и продолжительности экстракции.

В гидролизатах методом бумажной хроматографии обнаружены только галактоза и арабиноза, то есть в исследованных условиях в раствор переходит лишь арабиногалактан. Соотношение галактозы и арабинозы менялось от 2,7 : 1 до 5,2 : 1 с увеличением температуры и длительности экстракции (вероятно, за счет частичного разрушения арабинозы).

Суммарное количество извлекаемых из древесины лиственницы веществ фенольного характера, дающих абсорбционный максимум при 485 ммк, возрастает с повышением температуры и продолжительности экстракции. Наибольший их выход (2,5%) найден в экстракте, полученном при 100°С в течение 70 мин.

Порядок расположения кривых гель-хроматографии на рис. 2 показал, что арабиногалактан, извлеченный в первые 10 мин, имеет более низкий молекулярный вес, чем АГ, извлеченный из древесины в последующее время. Фракционный состав АГ, извлеченного из древесины при исследованных температурах за первые 10 мин, довольно близок (рис. 3, *а*). Наибольший молекулярный вес у АГ, извлеченного за 40 мин (рис. 2 и 3, *б*) при всех исследованных температурах. При этом кривая распределения массы по объему элюата для АГ, извлеченного при 60°С, располагается в более высокомолекулярной области, по сравнению с кривыми других образцов (рис. 3, *б*). Такой же порядок распределения кривых сохраняется в образцах, извлеченных за

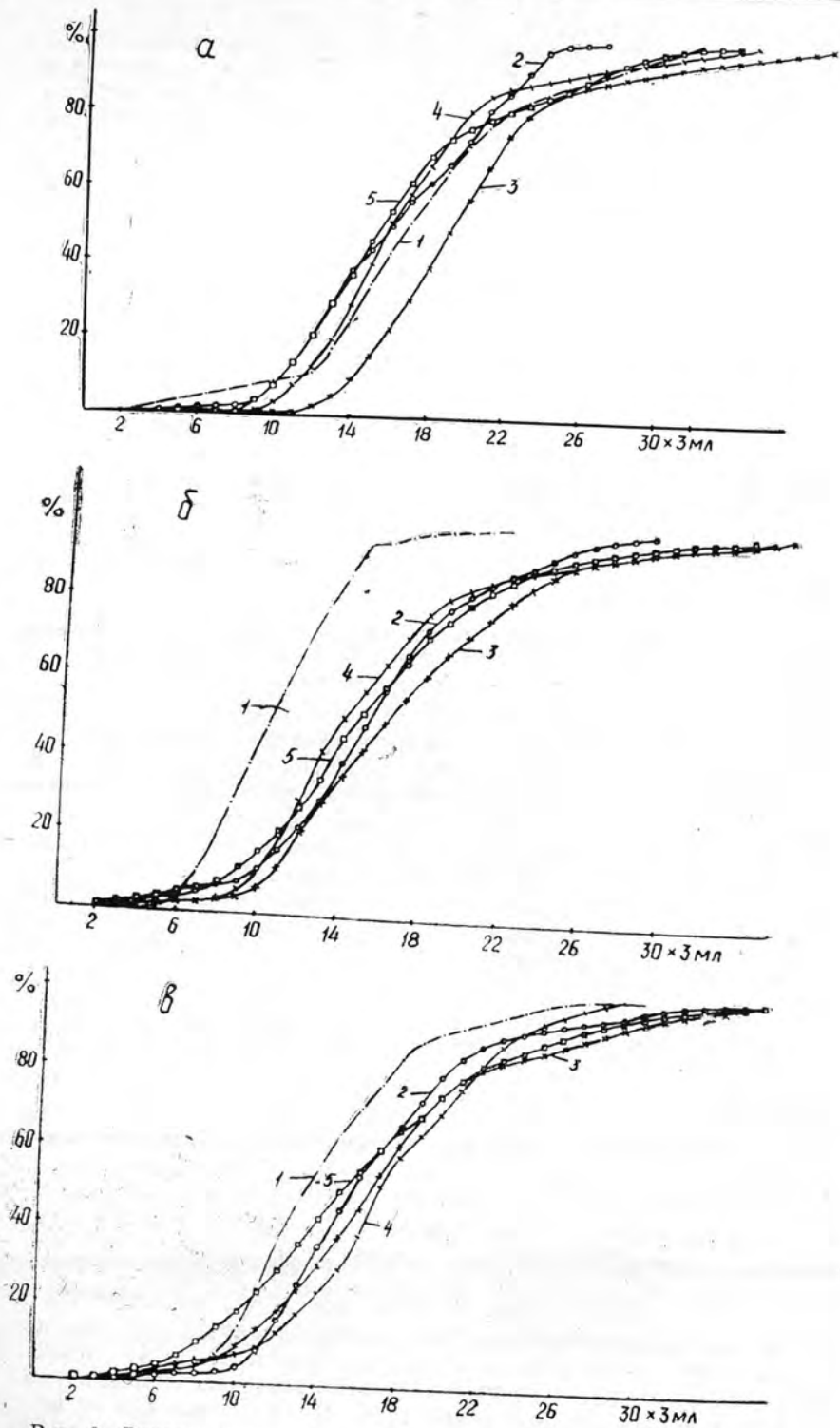


Рис. 3. Влияние температуры экстракции водорастворимых веществ на фракционный состав арабиногалактана.

1 — 60°С; *2* — 70; *3* — 80; *4* — 90; *5* — 100°С; *а* — длительность экстракции 10 мин; *б* — 40 мин; *в* — 130 мин.

130 мин экстракции (рис. 3, *в*), хотя из рис. 2 видно, что с увеличением длительности экстракции наблюдается деструкция арабиногалактана. Данные показали, что при 60°С арабиногалактан деструктируется меньше, чем при других температурах его извлечения из древесины.

Итак, нами изучена кинетика извлечения водорастворимых веществ из щепы лиственницы при разных температурах и постоянном избыточном гидравлическом давлении 10 ати. Исследован состав водорастворимых веществ, извлеченных из древесины лиственницы при разных условиях. Показано, что при 60°С извлекается более чистый от примесей и менее деструктированный арабиногалактан. Повышение температуры и длительности экстракции способствуют деструкции арабиногалактана (особенно при 100°С), количество извлеченных при этом фенольных веществ возрастает.

Поступила 24 сентября 1974 г.

УДК 54

ОКИСЛЕНИЕ β-ФЕЛЛАНДРЕНА ГИДРОПЕРЕКИСЬЮ АЦЕТИЛА

М. Я. ШАШКИНА, Г. П. ШЕРГИНА

Архангельский педагогический институт

Изучены реакции эпоксидирования β-фелландрена гидроперекисью ацетила (13%) при температуре от 5 до 60°С в среде абсолютного эфира.

При окислении β-фелландрена (*п*-ментадиена-1 (7), 2) гидроперекисями бензоила и фталевой кислоты образуются α-окись и продукт ее изомеризации — альдегид фелландраль [2]. Представляло интерес исследовать реакцию окисления β-фелландрена гидроперекисью ацетила.

Как и следовало ожидать, продукт реакции эпоксидирования представлял собой сложную смесь (рис. 1, *г, д*), содержащую окиси и продукты их превращений. В зависимости от температуры реакции

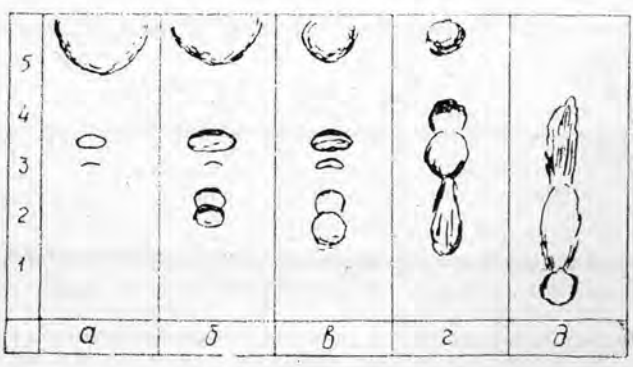


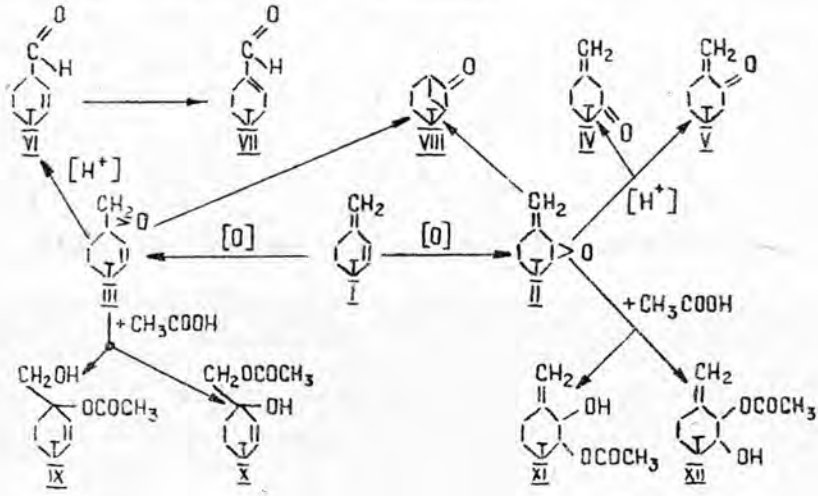
Рис. 1. Тонкослойная хроматография продуктов окисления при температуре 5—7°С (*а, б, в, г*) и 60°С (*д*).

а, д — время окисления 20 мин; *б* — 70; *в* — 100; *г* — 240 мин; *1* — полимеры; *2* — моноацетаты; *3* — карбонильные соединения; *4* — эпокиси; *5* — углеводород.

изменяется не только скорость процесса (рис. 2), но и состав продуктов. С повышением температуры уменьшается количество эпокисей и увеличивается количество карбонильных соединений, сложных эфиров, полимеров.

Для получения первичных продуктов мы проводили реакцию при температуре от +5 до +7°С. Как видно из рис. 1, *а, б, в,* первичными продуктами являлись моноокиси, которые в дальнейшем претерпевали такие же превращения, как и в случае эпоксидирования гидроперекисью ацетила других терпенов [1], [4], [5], [7].

Реакцию взаимодействия β-фелландрена с гидроперекисью ацетила можно представить следующей схемой:



Электрофильное присоединение гидроперекиси ацетила к β-фелландрену (I) протекает, в основном, по каждой двойной связи с образованием α-окисей (II, III). Под влиянием протона происходит изомеризация окисей через промежуточно образующиеся оксониевые комплексы в альдегиды и кетоны (IV—VIII). При действии уксусной кислоты раскрывается окисное кольцо с образованием моноацетатов гликолей (IX, X).

Нам удалось выделить в индивидуальном состоянии только 2, 3-эпоксиментен-1(7); других эпокисей в чистом виде мы не получили. Очевидно, 1(7)-эпоксиментен-2 вследствие наличия весьма реакционной сопряженной системы легко изомеризовался в альдегиды (VI, VII), а под влиянием уксусной кислоты превращался в моноацетаты гликолей. Превращение α-окисей происходило как в процессе реакции, так и при обработке продукта реакции и разделении компонентов.

Экспериментальная часть

Выделенный из скипидара пихты сибирской β-фелландрен в количестве 14,8 г растворяли в 50 мл сухого диэтилового эфира, раствор охлаждали до +5°С и постепенно из капельной воронки прибавляли охлажденный до +5°С 13%-ный раствор гидроперекиси ацетила (75 мл) из расчета 1 : 1. При этом температура поднималась до +7°С. Контроль за ходом эпоксидирования осуществляли йодометрическим методом [6] и хроматографированием в тонком слое силикагеля на пластинках Silufol (рис. 1, 2). Через 4 часа, когда углеводород прореагировал на 65%, продукт реакции промывали водой (при 0 ÷ +5°С), нейтрализовали насыщенным водным раствором

карбоната натрия и экстрагировали диэтиловым эфиром. После отгонки эфира получали 16,5 г желтоватой маслянистой жидкости с приятным цветочным запахом.

Тонкослойная хроматография показывала наличие четырех основных компонентов с R_f, соответственно равной 0,177; 0,37; 0,56 и 0,935 (рис. 1). При опрыскивании раствором 2,4-динитрофенилгидразина пятно с R_f=0,37 окрашивалось в оранжевый цвет, что свидетельствовало о наличии карбонильных соединений.

Разделение компонентов проводили колоночной хроматографией на Al_2O_3 (1-й степени активности по Брокману, размер частиц 60—100 меш). Высота слоя 60—54 см, диаметр 1,5—1,1 см. Элюенты: диэтиловый эфир и этанол. Контроль за ходом разделения веществ осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинках Silufol в системе толуол — этанол (95 : 5).

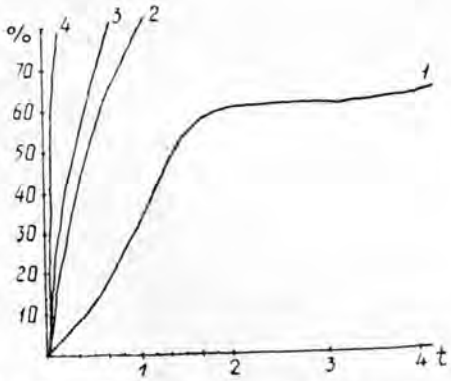


Рис. 2. Окисление β-фелландрена гидроперекисью ацетила.

1 — при температуре 5—7°С; *2* — 20°С; *3* — 25°С; *4* — 60°С.

Для выделения индивидуальных веществ проводили 2-3-кратное хроматографирование соответствующих обогащенных фракций. При однократном хроматографировании смеси (14 г) получили углеводород в качестве 1-й фракции (1,9 г); 2-я фракция (3,8 г), обогащенная эпоксисями, была подвергнута повторной хроматографии. При этом выделено 0,68 г чистого вещества очень приятного запаха (2,3-эпоксиментен-1(7) с R_f= 0,47; n_D^{20} = 1,4665; d_4^{20} = 0,8887; $[\alpha]_D$ = —48,9°; MR_D = 47,49 (вычислено для $C_{10}H_{16}O$ F_1 = 45,24). ИК-спектр* имел следующие полосы: 840 см$^{-1}$ сильная и 3040 слабая (эпоксигруппа); 895 сильная, 1215 средняя, 1655 средняя, 3085 см— слабая (концевая метиленовая группа) [3]. При 100°С в присутствии Al_2O_3 монооксись давала вещество с запахом мяты (n_D^{20} = 1,4882); 2,4-динитрофенилгидразон его оранжевого цвета имел т. пл. 148—150°С, при медленном нагревании разлагался.

При гидрировании монооксиси водородом в момент выделения (по методу Буво) получили спирт приятного терпиноольного запаха с n_D^{20} = 1,4600; α_D = —54°. ИК-спектр имел полосы: 895 см$^{-1}$ сильная, 1645 средняя, 3085 средняя (концевая метиленовая группа); 1085—1125 сильные, 3380—3480 см$^{-1}$ сильные (вторичный циклический спирт).

Из 3-й фракции (3,5 г) двукратной хроматографией выделили кетон (0,2 г) слабого запаха, желто-зеленоватого цвета, с R_f = 0,33; n_D^{20} = 1,4825. ИК-спектр имел сильную полосу при 1685 см$^{-1}$, характерную для группы > С = О.

Интенсивность полос, характеризующих метильные группы (1380—1460 см$^{-1}$), понижена. Не обнаружено полос, характеризующих двойные связи; 2,4-динитрофенилгидразон ярко-оранжевого цвета имел т. пл. 118—119°. Более подробно это вещество не исследовали. Полагаем, что кетон имеет бициклическое строение (VIII) и получается при изомеризации эпоксисей.

Из 4-й фракции (0,55 г) тем же методом выделен фелландраль (0,2 г) в виде желтоватой жидкости характерного запаха, с R_f = 0,28; n_D^{20} = 1,4862; 2,4-динитрофенилгидразон имел т. пл. 201—202° и не давал депрессию т. пл. с заведомо чистым образом [8]. 5-я фракция (4,89 г), элюированная этанолом, представляла желтоватую сиропообразную жидкость моноацетата гликоля (IX) с R_f = 0,12÷0,15; n_D^{20} = 1,4775; d_4^{20} = 1,0355; $[\alpha]_D$ = —16,0°; MR_D = 58 (вычислено для $C_{12}H_{20}O_3$ F_1 = 58); 3,5-динитробензоат имел т. пл. 162—164°; ИК-спектр имел полосы: 745 см$^{-1}$ сильная (цис-дизамещенная двойная связь); 1025 сильная, 3615 см$^{-1}$ перегиб (первичная спиртовая группа); 1050 сильная, 1240—1275 сильные, 1720—1750 сильные, 3250—3500 см$^{-1}$ сильные (сложноэфирные группы и полимерные молекулы). Моноацетат трудно подвергался омылению. Предполагаем, что уксусная кислота этерифицирует третичную спиртовую группу.

Выводы

1. При эпоксидировании β-фелландрена гидроперекисью ацетила получены 2, 3-эпоксиментен-1(7), фелландраль, моноацетат гликоля и кетон, предположительно бициклического строения.

* Прибор UR-10; толщина 0,03—0,04 мм; без разведения; призмы NaCl, LiF

2. Окисление β-фелландрена гидроперекисью ацетила сопровождается побочными процессами (изомеризация, ацилирование, полимеризация) в большей степени, чем окисление гидроперекисью бензоила. В зависимости от условий реакции (температура, среда, продолжительность) состав продуктов меняется.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Арбузов Б. А. Исследование в области изомерных превращений бициклических терпенов и их окисей. Казань, 1936, с. 190. [2]. Бардышев И. И., Шашкина М. Я. Известия АН БССР (серия хим. наук), 1969, № 3, с. 86—88. [3]. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., ИЛ, 1963. [4]. Малиновский М. С. Окиси олефинов и их производные. М., Госхимиздат, 1961, с. 63. [5]. Пигулевский Г. В., Конокотина А. И.— ЖОХ, 1960, 30, с. 3492—3495. [6]. Шемякин М. М., Бочвар Д. А., Щукина Л. А. — ЖОХ, вып. 3, т. 2, 1952, с. 439. [7]. Byers A., Hickinbottom W. J.— J. Chem. Soc., 1948, 284. [8]. Cooke R. G. and Macbeth.— J. Chem. Soc., 1938, 1408.

Поступила 10 июля 1974 г.

УДК 676.11.082.3.
668.473

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ ОТ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКИ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТАВДИНСКОГО ЦБК

Ю. Н. НЕПЕНИН, В. Е. КОВАЛЕВ, А. В. БЕЙГЕЛЬМАН, В. Б. НЕКРАСОВА, Н. А. НИКИФОРОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Дана характеристика физико-химических свойств черных щелоков от сульфатной варки хвойных и лиственных пород древесины лесосырьевой базы Тавдинского ЦБК. Показано, как влияет порода древесины на плотность, содержание сухого остатка, соотношение между минеральными и органическими частями, теплотворную способность, на содержание таллового масла в черных сульфатных щелоках.

Перспективный план развития целлюлозно-бумажной промышленности СССР предусматривает строительство ряда крупных сульфатцеллюлозных предприятий в районах Сибири и Дальнего Востока.

Для выполнения расчетов при проектировании выпарных установок этих предприятий и составления материальных и тепловых балансов содорегенерационных котлоагрегатов, а также для контроля за их работой необходимо располагать данными о физико-химических свойствах щелоков и прогнозировать получение из них высококачественного таллового масла и продуктов его переработки.

В настоящей статье приведены данные по изучению состава и свойств черных сульфатных щелоков от варок лиственных и хвойных пород лесосырьевой базы проектируемого Тавдинского ЦБК.

Методика работы

Опыты проводили с образцами здоровой древесины березы, осины, сосны, кедра, ели, пихты. Из каждого кряжа модельного дерева данной породы выпиливали 3—4 шайбы, из которых изготовляли щепу размером 25×25×3 мм; щепу, полученную из всех модельных деревьев определенной породы, смешивали в заданном соотношении. Композиции из различных древесных пород перед варкой составляли по весу. Сульфатные варки проводили в автоклаве из кислотоупорной стали (емкостью 5 л), обогреваемом электрической обмоткой и снабженном центробеж-

ным насосом для циркуляции щелока во время варки. Щепу перед варкой пропаривали паром (2—2,5 ат; 120—130°С) в течение 4—5 мин. Гидромодуль во всех опытах был принят 4 : 1 (с учетом влаги щепы). Варки вели с белым щелоком сульфидностью 25%, активностью 100 г/л ед. Na_2O. При варке хвойных пород расход активной щелочи составлял 15% Na_2O к абс. сухой древесине, при варке лиственных — 14% Na_2O. Конечная температура при варке хвойных 175°С, при варке лиственных — 165°С; подъем температуры до конечной составлял 2 ч, стоянка 1,5 ч.

После варки из автоклава отбирали черный щелок в количестве 900—1100 мл. Определение плотности щелоков, содержания в них сухих веществ и золы, а также анализ минеральной части проводили по известным методикам [1], [4]. Элементарный состав сухого вещества определяли по методу Либиха [1], [2], теплотворную способность — путем сжигания в калориметрической бомбе [1]. Содержание смолистых веществ в щелоке и их групповой состав вычисляли по методикам, общепринятым в сульфат-целлюлозном производстве [2]. Фитостерин определяли путем кристаллизации в этиловом спирте, количество непредельных стеринов — дигитониновым методом.

Результаты исследования

Данные анализа черных сульфатных щелоков после варки хвойных и лиственных пород древесины и их смесей приведены в табл. 1.

Плотность черного щелока линейно зависит от содержания сухого остатка. Количество сухого остатка в щелоке связано с условиями варки, породой древесины и другими факторами. Среднее содержание сухого остатка в черных щелоках от варки лиственных пород ниже, чем хвойных.

Проведенные анализы показали, что зольность черных щелоков от варок лиственных пород и их смесей составляет 44—46%, а от варок хвойных пород и их смесей — около 43%. Если расположить древесные породы в порядке убывания зольности, то получим следующий ряд: осина; береза; ель; пихта; сосна; кедр.

Для расчетов необходимо знать не только зольность, но и содержание минеральной части в данной массе щелока с учетом основных превращений органической и минеральной частей, происходящих при сжигании.

Как видно из данных табл. 1, в сухом остатке черных сульфатных щелоков как лиственных, так и хвойных пород, минеральных веществ содержится на 9—10% меньше, чем золы.

В составе сухого остатка черных щелоков от варки лиственных пород древесины (береза, осина) содержится 34—36% минеральных и 64—66% органических веществ; по мере повышения доли осины в смеси количество минеральных веществ возрастает. В составе сухих остатков черных щелоков от варки хвойных пород содержится 32—33% минеральных и 67—68% органических веществ; при этом видно (варки 3—6; 9—13), что соотношение минеральной и органической частей практически не меняется. Содержание растворенных органических веществ уменьшается с повышением выхода целлюлозы.

Минеральный остаток черного щелока, в основном, состоит из натриевых соединений. Свободный едкий натр составляет меньшую часть, причем его содержание в щелоках от варки лиственных пород выше, чем от варки хвойных. Количество сульфида и сульфата натрия в минеральном остатке от варки лиственных пород равно соответственно 4,8 и 2,5%, от варки хвойных — 3,2 и 2,0%. Значительно большую часть составляет едкий натр, химически связанный с органическими веществами. Содержание углерода в органической части черного щелока, как видно из данных табл. 1, уменьшается по мере увеличения выхода целлюлозы из древесины.

Теплотворная способность черных щелоков тем ниже, чем выше выход целлюлозы из древесины. Если расположить различные породы

древесины по мере убывания их теплотворной способности, то получим следующий ряд: кедр; сосна; пихта; ель; береза; осина (табл. 1).

В табл. 2 представлены данные о групповом составе смолистых веществ, выделенных из черных щелоков, содержании фитостерина в неомыляемой фракции смолистых, а также о количестве таллового масла в щелоках, полученных при сульфатной варке различных древесных пород и их смесей. Термином «талловое масло» условно обозначено содержание смолистых веществ в щелоках [2], [3], [5]. Наибольшее количество таллового масла выделено из черных щелоков от варки сосны и кедра, наименьшее — от варки пихты. Различные образцы пихты имеют неодинаковую смолистость, но в среднем содержание таллового масла в щелоках составляет 30—40 кг/т целлюлозы.

Таблица 2

№ варки	Порода древесины	Смолистые, % к сухому веществу щелока	Талловое масло, кг/т целлюлозы	Неомыляемые	Сумма жирных и смоляных кислот	Оксипродукты (не растворимые в петролейном эфире)	Фитостерин	Непредельные стерины
				в процентах к смолистым веществам				
1	Сосна 100%	7,26	74,3	20,92	53,70	22,60	8,62	7,16
2	Кедр 100%	8,60	90,0	12,50	Не определены			
3		6,78	66,80	11,63	76,51	7,16	5,32	2,56
4		6,49	62,20	12,85	77,51	8,15	Не определяли	
5	Ель 100%	5,20	50,1	7,14	50,21	38,06		
6	Пихта 100%	6,82	70,1	22,60	30,40	39,40		
7		4,07	29,8	20,95	69,15	7,95	11,23	6,32
8		1,66	13,7	22,04	67,82	8,83		
9	Осина 100%	5,30	34,3	5,59	47,35	39,45	—	Следы
10	Береза 100%	4,83	36,1	22,78	55,77 (по разности)	21,45	—	1,84
11	Сосна 50% Кедр 20% Пихта 15% Ель 15%	4,05	46,2	15,77	67,26	9,35	6,38	3,32

Качество таллового масла зависит, в первую очередь, от содержания основных компонентов в смолистых веществах щелока. Наиболее ценны жирные и смоляные кислоты; окисленные и особенно неомыляемые вещества затрудняют процесс ректификации, ухудшают качество талловых продуктов; в то же время неомыляемые вещества содержат фитостерин и могут использоваться для его выделения.

Исследования показали, что наиболее высококачественным является кедровое талловое масло, содержащее 76—77% жирных и смоляных кислот, 12—13% неомыляемых веществ, 7—8% окисленных веществ. Самым низким качеством обладает талловое масло от варки березы и пихты, поскольку содержит повышенное количество неомыляемых и оксипродуктов.

Наиболее высокое содержание фитостерина (в том числе непредельных стеринов) наблюдалось в смолистых веществах сосны и пихты. Из неомыляемой фракции осины и березы не удалось выделить фитостерин методом кристаллизации.

Проведенные исследования являются лабораторными, поэтому полученные данные следует считать ориентировочными.

Содержание таллового масла в щелоках превышает возможный выход масла при промышленной переработке щелоков не менее чем

на 30%, так как жиро-смоляные компоненты дерева, концентрирующиеся в сульфатном мыле, лишь частично высаживаются из упаренных сульфатных щелоков. Большое количество неомыляемых веществ в талловом масле (20% и более) отрицательно сказывается на его качестве, поэтому целесообразно создавать технологические схемы, включающие выделение неомыляемых веществ из сульфатного мыла или таллового масла с последующим получением облагороженных талловых продуктов и фитостерина из неомыляемой фракции.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Волков А. Д., Григорьев Г. П. Физические свойства щелоков целлюлозного производства. М., «Лесная промышленность», 1970. [2]. Комшилов Н. Ф., Лентомяки М. Н. и др. Сульфатный черный щелок и его использование. М., «Лесная промышленность», 1969. [3]. Кузоватова М. А. Зависимость содержания неомыляемых веществ и фитостерина от породного состава сырья на некоторых целлюлозно-бумажных предприятиях. Автореферат дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., ЛТА, 1972. [4]. Липовков И. З. Содорегенерационные котлоагрегаты М., «Лесная промышленность», 1963. [5]. Holmbom B., Avela E. Исследование таллового масла от сульфатных варок сосновой и березовой древесины. — Acta Acad. Aboen, 1971, в. 31, № 16, с. 18.

Поступила 13 декабря 1974 г.

УДК 634.0.813

ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКЕ

Г. Ф. ПОТУТКИН, Л. В. ШИРЯЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Приведены результаты исследований химических компонентов древесины, подвергнутой высокотемпературной сушке.

За последние годы в промышленности успешно используют высокотемпературные режимы сушки древесины.

Вопросы влияния тепла на изменения физико-механических и механических свойств древесины изучали В. А. Каргин, З. А. Роговин, А. Н. Закощиков и др. Работами В. Н. Петри, П. И. Ананьина. К. Г. Юсупова, А. Я. Бурсина показано, что при высокотемпературной сушке физико-механические показатели древесины не снижаются; на свойства древесины влияет не только температура агента сушки и самой высушиваемой древесины, но и вся совокупность процессов, происходящих в ней во время сушки.

Настоящая работа посвящена изучению влияния высокотемпературной сушки на химические изменения компонентов древесины.

Для исследования брали древесину сосны (толщиной 25 мм), высушенную в течение 7 ч по стационарному режиму УЛТИ при температуре сухого термометра 130°С и мокрого 90°С. Образец исходной древесины был подвергнут недельной сушке на воздухе при 20—22°С *.

Древесину измельчали и отбирали средние пробы опилок, проходящие через сито с диаметром отверстий 1 мм и задерживающиеся на сите с диаметром отверстий 0,5 мм. Приготовление опилок и химический анализ их проводили по методикам, принятым в химии древесины.

Результаты химического анализа приведены в табл. 1, из данных которой видно, что наибольшие изменения происходят с растворимыми

* Образцы предоставил доц. А. Я. Бурсин.

Таблица 1

Показатели	Численные значения показателей для древесины	
	исходной	подвергнутой высокотемпературной сушке
Влажность, %	7,84	4,93
Вещества, экстрагируемые.		
горячей водой, %	7,20	9,25
спирто-бензольной смесью, %	2,47	3,47
Целлюлоза по Кюршнеру, %	52,74	51,70
Медное число целлюлозы	2,64	2,75
Пентозаны Толленса, %	11,00	9,10
Лигнин Кёнига, %	26,49	26,71

веществами древесины; это объясняется разрушением углеводной части древесины и подтверждается уменьшением содержания целлюлозы и пентозанов.

При сушке древесины увеличивается количество веществ, экстрагируемых спирто-бензольной смесью и водой. Видимо, повышение содержания водорастворимых можно рассматривать как положительное явление. Есть сведения, что с увеличением количества веществ, экстрагируемых водой и спирто-бензолом, снижается длительность отверждения связующего [9] и, следовательно, сокращается продолжительность склеивания такой древесины. Экстрактивные вещества играют также роль пластификатора [6], [7]. Видимо, повышение количества экстрактивных веществ при сушке древесины также можно считать явлением положительным [3], [4], [5].

И углеводная часть древесины при сушке подвергается значительным изменениям: уменьшается содержание целлюлозы, пентозанов, что можно объяснить гидролитическими и термическими процессами разрушения древесины.

Особенно заметны изменения в содержании пентозанов — количество их уменьшается на 18%. Пентозаны — наиболее гигроскопичный и склонный к набуханию компонент древесины; уменьшение их содержания повышает стабильность древесного материала [8]. При таком значительном снижении содержания пентозанов можно ожидать, что в случае увлажнения высушенной при данном режиме древесины набухание и водопоглощение ее уменьшаются.

В изученных условиях происходит снижение содержания целлюлозы, что свидетельствует о разрушении ее в процессе сушки. Изменения количества целлюлозы сопровождаются заметными качественными изменениями ее, что было выявлено при определении медных чисел. Разрушение целлюлозы нежелательно, так как если при нагревании древесины задета целлюлоза, то физико-механические показатели такой древесины ухудшаются [1], [2].

При сушке древесины незначительно увеличивается содержание лигнина. Переход лигнина в более высокомолекулярное и, следовательно, водостойкое состояние способствует уменьшению водопоглощения и набухания древесины. В целом древесина, подвергнутая высокотемпературной сушке, механически более прочна, чем высушенная в атмосферных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ив Б. Т. — «Механическая обработка дерева». 1934, № 8, с. 20—24. [2]. Ив Б. Т., Иссинский П. А. — «Лесохимическая промышленность», 1934, № 1—2, с. 15—23. [3]. Козлов В. Н., Гуляев Б. Н. — Труды Института химии и металлургии, вып. 2. Л., АН СССР, Уральский филиал. 1955, 117. [4]. Лосев И. П., Гордон Л. В.— Сборник трудов ЦНИЛХИ, 1950, вып. 9, с. 54 [5]. Никитин В. М. Химия древесины и целлюлозы. ГЛБИ, 1960. [6]. Солечник Н. Я., Наткина Л. И. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1963, № 3, с. 9—11. [7]. Солечник Н. Я., Хамар К., Аникеева В. М. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1964, № 4, 5, 6. [8]. Уайз Л. Э., Джан С. Химия древесины. (Перевод под ред. Б. Д. Богомолова), т. I, ГЛТИ, 1959. [9]. Narayanamurti D., Gupta R. C., Vorma G. M. Holzforsch und Holzverwert, 1962, 14, 5—6, 85—88.

Поступила 19 марта 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 65.011.56

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВЕДЕНИЯ РЕГИСТРОВ ПАМЯТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ С ОПЕРАТОРОМ

А. Ф. НИКОЛАЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Используя метод композиции случайных величин, получили две характеристики для оценки эффективности: 1) вероятность бездефицитной (по времени) работы оператора P_k; 2) мера расхода оператором запаса времени, предоставляемого регистрами памяти $K_э$.

В деревообработке автоматизированные системы с оператором делятся на системы с ожиданием и без ожидания. С целью снижения потерь времени оператором в системах с ожиданием и с целью улучшения условий его работы в системах без ожидания вводятся элементы памяти (регистры памяти). Эффективность введения элементов памяти в таких системах обусловлена тем, что вероятность

$$P_k = P\left[\sum_{i=1}^{k} t_{0i} < \sum_{i=1}^{k} t_{м\,i}\right] \tag{1}$$

увеличивается с ростом индекса k (число регистров памяти). Это утверждение справедливо при условии, что

$$M[X] < M[Y], \tag{2}$$

где X — случайная величина продолжительности цикла по оператору (t_{oi});

Y — случайная величина продолжительности цикла по машине ($t_{мi}$);

$M[\ ]$ — знак математического ожидания.

Утверждение о том, что P_k растет с увеличением k, следует из рассмотрения рис. 1. На этом рисунке показаны варианты реализации циклов при $k = 1$ (отсутствуют дополнительные элементы памяти; в системе находится одна команда, которая выполняется) и при $k = 2$ (с одним дополнительным элементом памяти, обычно называемым преселекцией).

При $k=1$ на две реализации цикла приходится два элемента потерь (заштрихованная часть), а при $k = 2$ на две реализации цикла приходится уже всего 1,5 элемента потерь. Грубо говоря, введение преселекции уменьшает потери времени в цикле на 25%.

В пределе, когда число регистров памяти растет (бесконечная память), системы с оператором превращаются в независимо работающего оператора и машину, то есть количество регистров памяти может рассматриваться как мера независимости работы оператора и машины. Очевидно, исходя интуитивно из этого положения, некоторые авторы предлагают использовать большое количество регистров памяти. Однако при этом они не учитывают факта, что увеличение

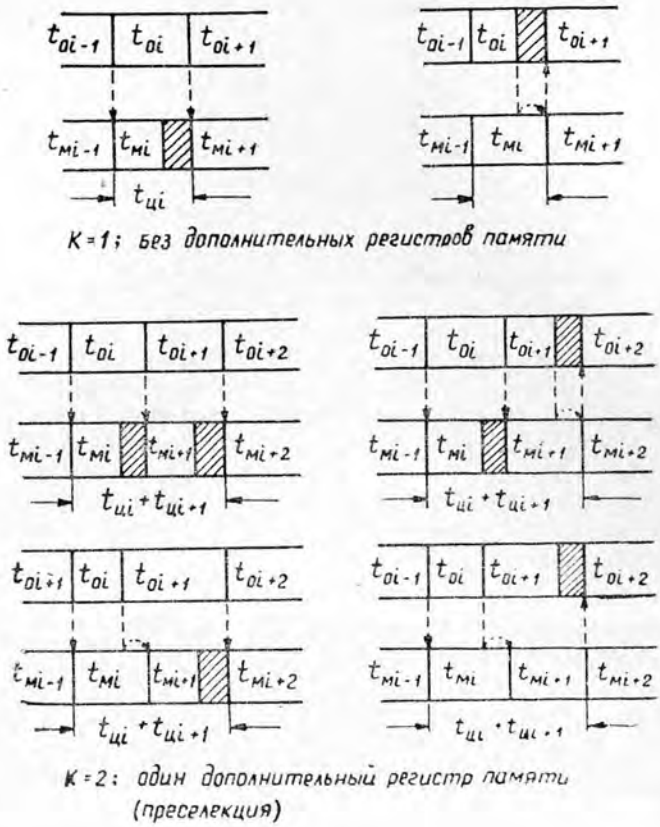


Рис. 1.

числа регистров вызывает значительное усложнение систем управления, а эффективность введения регистров быстро снижается с увеличением их числа.

Для удобства дальнейшего анализа будем считать, что обычные системы имеют элемент памяти на одну команду (обычное управляющее устройство). При этом возможно введение команды только после того, как получено разрешение на этот ввод. Устройство с двумя элементами памяти позволяет вводить следующую команду, не ожидая выполнения предыдущей, то есть в системе одновременно могут находиться две команды. По этой причине все системы, в которых могут одновременно находиться k команд, будем называть системами с k регистрами памяти.

Для анализа введем следующие случайные величины.

$Z = X - Y$ — случайная величина превышения времени цикла по оператору по отношению к времени цикла по машине. Конкретная реализация этой случайной величины имеет структуру

$$\tau_i = t_{oi} - t_{mi}$$

и интерпретируется как неизрасходованный оператором запас времени в i-том цикле;

$Z_k = \sum_{j=1}^{k} Z_j$ — случайная величина, равная сумме k одинаково распределенных случайных величин.

В этом случае вероятность

$$P_k = P[\tau_k < 0]. \tag{3}$$

Для случая $k = 1$ среднее неизрасходованное оператором время цикла

$$\tau_{\text{ср}\,1} = \int_{-\infty}^{0} \tau W(\tau)\, d\tau,$$

здесь $W(\tau)$ — плотность вероятностей случайной величины $Z = Z_1$.

При k регистрах аналогичными рассуждениями получим

$$\tau_{\text{ср}\,k} = \int_{-\infty}^{0} \tau_k W_k(\tau_k)\, d\tau_k, \tag{4}$$

где $W_k(\tau_k)$ — плотность вероятностей случайной величины Z_k. Эту плотность можно получить как k-кратную свертку плотности вероятностей $W(\tau)$.

Плотность вероятностей $W(\tau)$ определяем как свертку плотностей вероятностей случайной величины $X\,[f(x) = f(t_0)]$ и случайной величины $Y\,[\psi(y) = \psi(t_м)]$:

$$W(\tau) = \int_{[t_0]} f(x)\, \psi(x - \tau)\, dx$$

или

$$W(\tau) = \int_{(t_м)} f(y + \tau)\, \psi(y)\, dy.$$

Из этого запаса времени часть его $\tau_0 = x_0 - y_0$ не может быть израсходована даже при наилучшей организации цикла, так как является предельной разностью переменных t_0 и $t_м$, то есть разностью математических ожиданий. Поэтому реальный запас времени, который может быть израсходован при введении регистров памяти,

$$\tau'_{\text{ср}\,k} = \tau_{\text{ср}\,k} - \tau_0. \tag{5}$$

Поскольку интегрирование ведется по отрицательной полуоси, то чтобы сделать эту характеристику положительной, выражение (5) следует умножить на —1.

После несложных преобразований окончательно получим

$$\tau'_{\text{ср}\,k} = \frac{1}{k} \int_{0}^{+\infty} \tau_k W_k(\tau_k)\, d\tau_k. \tag{6}$$

Выражение (6) характеризует средний запас времени в цикле, которым может располагать оператор.

Из уравнения (3) следует

$$P_k = P[\tau_k < 0] = \int_{-\infty}^{0} W_k(\tau_k)\, d\tau_k. \tag{7}$$

Выражение (7) можно интерпретировать как вероятность того, что оператор будет обеспечен временем для проведения работы в цикле. Полученные соотношения (6) и (7) позволяют произвести оценки эффективности введения регистров памяти в системах с ожи-

данием. Прежде всего, независимо от вида плотности вероятностей $W_k(\tau_k)$ имеем два предельных соотношения

$$\lim_{k\to\infty} P_k = \begin{cases} 1 & \text{при } \tau_0 < 0; \\ 0{,}5 & \text{при } \tau_0 = 0; \\ 0 & \text{при } \tau_0 > 0; \end{cases} \tag{8}$$

$$\lim_{k\to\infty} \tau'_{\text{ср}\,k} = \begin{cases} 0 & \text{при } \tau_0 \leqslant 0; \\ \tau_0 & \text{при } \tau_0 > 0. \end{cases} \tag{9}$$

Отсюда следует, что чем больше $t_{\text{м}}$ по сравнению с t_0, тем эффективнее введение регистров памяти. Если среднее время цикла по оператору больше среднего времени цикла по машине ($t_0 > t_{\text{м}}$), то введение регистров памяти не может улучшить временные характеристики работы системы.

Коэффициент эффективности по расходу запаса времени

$$K_{\text{э}} = \frac{\tau_0 - \tau'_{\text{ср}\,k}}{\tau_0}. \tag{10}$$

В этой формуле в числителе представлен текущий запас времени, а в знаменателе — конечный запас, который не может быть израсходован.

В соответствии с выражением (6)

$$K_{\text{э}} = \frac{1}{k\tau_0} \int_{-\infty}^{0} \tau_k W(\tau_k)\, d\tau_k. \tag{11}$$

Для целей анализа необходимо все реально существующее многообразие зависимостей $W(\tau)$ (плотности вероятностей времени работы оператора и машины) свести к одной, пригодной для получения независимых, сопоставимых оценок. В качестве такой зависимости удобнее всего взять плотность вероятности нормального закона, то есть полагать $W(\tau) = \varphi(\tau)$. При этом для оценки необходимо знать две величины — математическое ожидание и дисперсию.

С достаточной для практики точностью из выражения (11) получим

$$K'_{\text{э}} \approx 0{,}5 + \Phi\left(-\sqrt{k}\,\frac{\tau_0}{\sqrt{D}}\right), \tag{12}$$

$$\text{где } \Phi(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \exp\left\{-\frac{1}{2}t^2\right\} dt;$$

$$\tau_0 = t_0 - t_{\text{м}}; \quad D = D_0 + D_{\text{м}}.$$

Достоинство выражения (12) — сравнительная простота оценки, учитывающей одновременно как число регистров, так и два первых момента характеристик работы оператора и машины.

Из выражения (7) для нормального закона получим

$$P_k = 0{,}5 + \Phi\left(-\sqrt{k}\,\frac{\tau_0}{\sqrt{D}}\right). \tag{13}$$

Итак, для двух различных по своей природе характеристик имеем одно и то же аналитическое выражение. Это позволяет рекомендовать к использованию одну общую характеристику по уравнению (13), которая отражает одновременно как вероятность P_k, так и расход запаса времени.

Для более точных оценок следует использовать исходные выражения (7) и (11).

В качестве примера рассмотрим эффективность введения преселекции в обрезной станок. При этом используем экспериментальные данные о работе оператора и машины.

Плотности вероятностей:

а) для оператора (гамма-распределение)

$$f(x) = f(t_0) = \frac{\lambda^n}{\Gamma(n)} (x - x_1)^{n-1} \exp\{-\lambda(x - x_1)\},$$

где $\lambda = 0{,}21/\text{с}$; $x_1 = t_{0\,min} = 2{,}4\text{с}$; $n = 1{,}2$.

б) для машины (детерминированный цикл)

$$\psi(y) = \psi(t_м) = \delta(y - y_1) \text{ — дельта-функция,}$$

где $y_1 = t_м = 3{,}2$ с.

Как известно ([2], с. 107—110), математическое ожидание и дисперсия связаны с параметрами гамма-распределения (по оценке)

$$\overline{x} = x_0 = x_1 + \frac{n}{\lambda} = 8{,}4 \text{ с};$$

$$D = \frac{n}{\lambda^2} = 30{,}0 \text{ с}^2.$$

Из выражения (13) следует

$$P_2 = K_э' = 0{,}5 + \Phi\left(-\sqrt{2}\,\frac{5{,}2}{\sqrt{30}}\right) = 0{,}0831.$$

Эффективность введения регистра памяти весьма мала из-за слишком большого значения $\tau_0 = 8{,}4 - 3{,}2 = 5{,}2$ с.

Этот результат хорошо согласуется с выводом, полученным в одной из работ ([1], с. 75).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Николаев А. Ф., Мороз Д. Л. Некоторые особенности работы оператора на обрезном станке. — Научные труды ЛТА, № 140, Л., 1970. [2]. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. М., «Мир», 1969.

Поступила 17 декабря 1973 г.

УДК 674,09-791.8

О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНО ПЕРЕМЕЩАЕМЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ПАРАМЕТРЫ СИЛОВОЙ СОРТИРОВКИ

Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ, В. В. ОГУРЦОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Выведена универсальная расчетная формула модуля упругости пиломатериалов с учетом скорости их перемещения для установок с продольной подачей и одноточечной схемой нагружения.

На сортирующих установках с продольным движением пиломатериалов модуль упругости E по длине доски можно оценивать по прогибу y при постоянной нагрузке P на пролете l либо по реакции доски на изгиб P при постоянном прогибе y.

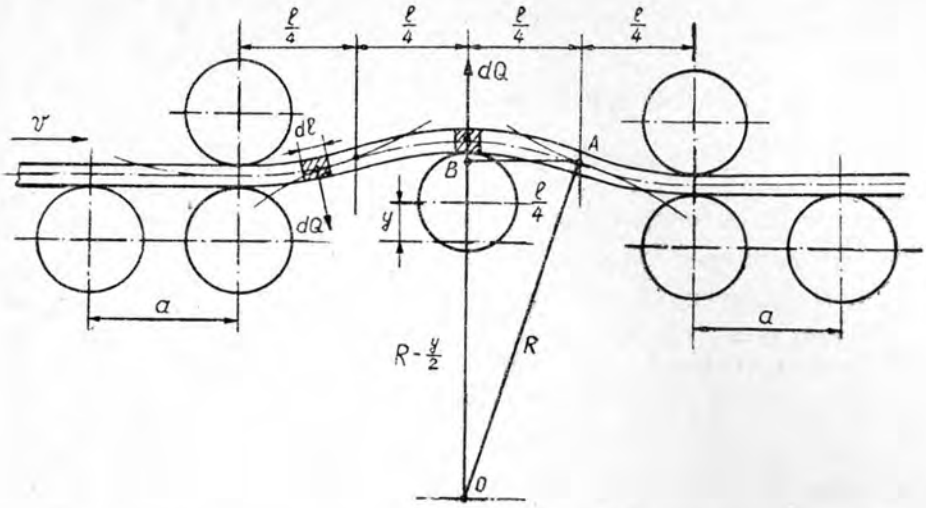


Рис. 1. Вид изогнутой доски, находящейся на измерительной позиции установки (масштаб для наглядности искажен).

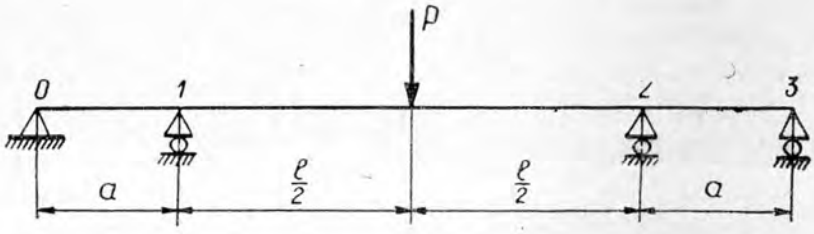


Рис. 2. Схема для определения уравнения изогнутой оси доски.

Проходя через установку, сортируемая доска подвергается динамическим нагрузкам, так как ее сечения, двигаясь по криволинейной траектории, получают ускорения.

Чтобы оценить влияние скорости движения доски на величину динамических нагрузок, определим форму ее искривления.

Доску, находящуюся на измерительной позиции установки (рис. 1), можно представить как трехпролетную неразрезную балку (рис. 2).

Согласно теореме о трех моментах [3],

$$\begin{aligned} 2M_1(a+l)+M_2l &= -\frac{3}{8}Pl^2; \\ M_1l+2M_2(l+a) &= -\frac{3}{8}Pl^2, \end{aligned} \qquad (1)$$

где M_1, M_2 — моменты на опорах *1* и *2*;
l — пролет;
a — расстояние между крайними опорными вальцами.

Считая, что по краям пролета l доска жестко защемлена, и положив $a = 4$, а также учитывая, что $M_1 = M_2 = M$, находим

$$M = -\frac{1}{8} Pl. \tag{2}$$

Уравнение прогибов изогнутой оси балки с учетом выражения (2)

$$EIy = \frac{P}{12} x^3 - \frac{Pl}{16} x^2, \tag{3}$$

где E — условный модуль упругости;

$I = \frac{BH^3}{12}$ — момент инерции сечения;

B, H — ширина и толщина доски.

Из уравнения (3) видно, что доска на измерительной позиции сортирующей установки изгибается по сложной кривой, имеющей в сечениях, расположенных на расстоянии $\frac{l}{4}$ от концов пролета, перегибы. Слева и справа от точек перегиба участки кривой имеют положительную кривизну $\left(\frac{d^2y}{dx^2} > 0\right)$, на среднем участке — отрицательную кривизну $\left(\frac{d^2y}{dx^2} < 0\right)$. (Знаки кривизны взяты для реального нагружения, расчетная схема (рис. 2) дает перевернутую кривую).

Изогнутую ось доски можно аппроксимировать кривой, все три участка которой представляют собой дуги окружностей одного радиуса. Выделим элемент доски длиной dl (рис. 1). Он движется по дуге окружности с постоянной скоростью V. Тангенциальное ускорение элемента ω_τ равно нулю, а нормальное ускорение $\omega_n = \frac{V^2}{R}$ (R — радиус кривизны доски) и направлено к центру кривизны доски. Определим действующую на элемент dl силу инерции

$$dQ = \frac{BH\gamma V^2}{gR} dl, \tag{4}$$

где γ — объемный вес древесины;

g — ускорение свободного падения.

Разделив левую и правую части уравнения (4) на dl, получим

$$q = \frac{dQ}{dl} = \frac{BH\gamma V^2}{gR}, \tag{5}$$

здесь q — распределенная по длине пролета нагрузка.

Направление действия нагрузки меняется в точках перегиба.

Радиус кривизны определим из прямоугольного треугольника AOB (рис. 1)

$$R = \frac{y}{4} + \frac{l^2}{16y}. \tag{6}$$

Величина $\frac{y}{4}$ очень мала, поэтому ею можно пренебречь, тогда

$$R = \frac{l^2}{16y}. \tag{7}$$

Уравнение (5) перепишем с учетом выражения (7)

$$q = \frac{16BHy\gamma V^2}{gl^2}. \tag{8}$$

Следовательно, при движении доски со скоростью V в сечениях на пролете l возникнут такие напряжения, как будто слева и справа от точек перегиба на пролете l доска загружена распределенной нагрузкой q, направленной вниз (наружу кривизны), а посредине пролета — такой же нагрузкой q, направленной вверх.

Чтобы учесть эти напряжения, загрузим расчетную балку (рис. 2) распределенной нагрузкой с учетом направления ее действия (рис. 3).

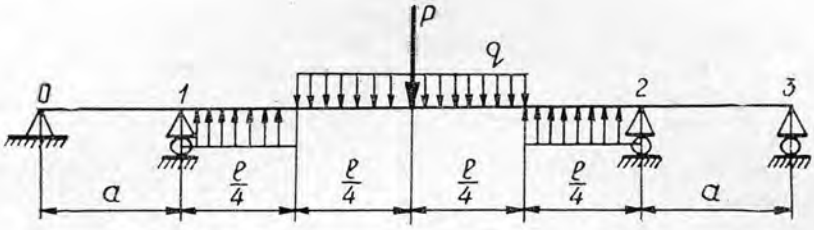


Рис. 3. Схема для вывода расчетной формулы модуля упругости с учетом скорости движения пиломатериалов.

Для принятой расчетной схемы опорные моменты

$$M = -\frac{12Pl^2 + 3ql^3}{32(3l + 2a)}. \tag{9}$$

Составив дифференциальные уравнения изогнутой оси балки (рис. 3) и уравнения прогибов для всех ее участков и определив постоянные интегрирования, запишем выражение прогибов для второго участка (P контролируется на втором участке)

$$EIy = \frac{Px^3}{12} - \frac{12Pl^2 + 3ql^3}{32(3l - 2a)} \cdot \frac{x^2}{2} + \frac{qx^4}{24} -$$

$$- \frac{q\left(x - \frac{l}{4}\right)^4}{12} - \frac{3Pl^2}{48}x - \frac{ql^3}{64}x + \frac{12Pl^4 - 3ql^5}{64(3l + 2a)\,l}x. \tag{10}$$

При $x = \frac{l}{2}$

$$EIy = -\frac{Pl^3}{48} - \frac{17ql^4}{3072} + \frac{12Pl^4 + 3ql^5}{256(3l + 2a)}. \tag{11}$$

Для того чтобы в дальнейшем не учитывать направление прогиба (считать y всегда положительной величиной), умножим правую часть уравнения (11) на —1, тогда с учетом выражения (8) и значения момента инерции I получим

$$E = \frac{Pl^3}{4BH^3y} - \frac{9Pl^4g + 36BHy\gamma l^3V^2}{16(3l + 2a)BH^3gy} + \frac{17\gamma l^2V^2}{16gH^2}. \tag{12}$$

Выражение (12) является расчетной формулой модуля упругости E пиломатериалов с учетом скорости их перемещения V. Величина V входит в эту формулу во второй степени, то есть при пропускании одной и той же доски через установку на различных скоростях реакция доски на изгиб P при $y = \text{const}$ в каждом соответствующем сечении уменьшается пропорционально квадрату увеличения скорости. (При $P = \text{const}$ величина y увеличивается пропорционально квадрату возрастания скорости). Однако, анализируя формулу (12), можно установить, что в реальных условиях подачи скорость перемещения досок оказывает незначительное влияние на параметры си-

ловой сортировки. Так, например, при изменении V от нуля до 600 м/мин величина P уменьшается менее чем на 1,5 кг, то есть максимальная ошибка определения модуля упругости при изменении скорости в этих пределах составляет менее 1%. Ошибка определения E при изменении скорости от 0 до 360 м/мин составляет уже менее 0,2%.

Отметим, что все допущения, принятые ранее при определении формы искривления доски на измерительной позиции установки, правомерны, так как они оказывают незначительное влияние на динамическую составляющую нагрузки, которая в свою очередь практически неощутимо влияет на параметры силовой сортировки.

При $V = 0$, то есть без учета скорости движения доски,

$$E = \frac{P \cdot l^3}{4BH^3y} - \frac{9Pl^4}{16(3l + 2a)BH^3y}. \quad (13)$$

При жестком защемлении концов доски на измерительной позиции установки ($a = 0$; $V = 0$)

$$E = \frac{Pl^3}{16BH^3y}. \quad (14)$$

Таким образом, скорость движения пиломатериалов вплоть до 600 м/мин оказывает незначительное влияние на параметры силовой сортировки и поэтому ее можно не учитывать при настройке промышленных сортирующих установок. Это положение подтверждено экспериментально [2]. Полученная формула (12) универсальна для установок с продольной подачей и одноточечной схемой нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Голяков А. Д. Исследование метода прочностной сортировки пиломатериалов для клееных несущих конструкций. Автореферат кандидатской диссертации. Л., 1972. [2]. Олешов И. Т., Голяков А. Д. Некоторые результаты испытаний силовой сортировки пиломатериалов. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1974, № 10. [3]. Рабинович И. М. Основы строительной механики стержневых систем. М., Госстройиздат, 1960.

Поступила 24 декабря 1974 г

УДК 62-52

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ РАМНОЙ РАСПИЛОВКИ

В. Р. ФЕРГИН, А. К. КУРИЦЫН

Московский лесотехнический институт

Рассмотрены принципы построения автоматизированной системы управления точностью размеров при рамном пилении. Дана характеристика лесопильных рам как объектов управления. Описаны алгоритм и структурная схема системы управления.

Одна из важнейших задач автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в лесопилении — управление точностью процесса распиловки пиломатериалов. Постановка этой задачи диктуется стремлением полнее использовать технологические резервы головного лесопильного оборудования — лесопильных рам — и не допускать при этом значительного количества брака по качеству распиловки. Известно, что интенсификация режимов лесо-

пильного оборудования, например, увеличение посылки, приводит к возрастанию вероятности технического брака пиломатериалов, главным образом, по точности размеров*.

Лесопильные рамы относятся к числу объектов управления, свойства которых непредвиденно изменяются в широких пределах. Основные причины, обусловливающие нестабильность их свойств: 1) изменение технического состояния и настройки лесопильных рам и околорамных механизмов в процессе их эксплуатации; 2) погрешности подготовки и установки пил, изменение силы натяжения и затупление пил при пилении; 3) нарушения (сбои) настройки рам вследствие смещения прокладок, попадания засор, поломок зубьев пил, а также по другим причинам случайного характера.

Сильное влияние на процесс рамного пиления оказывают внешние возмущения, обусловленные, в основном, колебаниями размеров и физико-механических свойств распиливаемой древесины. Обеспечить эффективное управление таким объектом без учета его фактического состояния невозможно, поэтому система управления лесопильными рамами должна быть адаптивной, то есть приспосабливающейся к изменяющимся условиям распиловки. В данной статье рассмотрены общие положения по разработке алгоритма и структуры такой системы.

Процесс рамного пиления можно представить в виде блока, имеющего входные факторы и выходные параметры.

Среди входных факторов выделяют управляющие и возмущающие. Управление лесопильными рамами в процессе работы осуществляется изменением посылки Δ и проведением поднастройки рамы. Изменение посылки можно автоматизировать, а изменение настройки производят вручную с остановкой лесопильной рамы на время настройки $t_н$. При управлении данным процессом необходимо выбрать вид управляющего воздействия на лесопильную раму. В одних случаях следует ограничиться изменением посылки, а в других случаях, когда даже значительное снижение посылки (а значит и производительности лесопильных рам) не может привести к желаемым результатам, необходимо производить поднастройку рамы. Наиболее часто возникает необходимость устранения систематических смещений среднего размера сечений пиломатериалов относительно установленного значения, что достигается установкой дополнительных прокладок, правкой пил и т. п. Иногда целесообразна замена плохо работающих пил, несмотря на то, что время простоя в этом случае значительно больше (до 10 мин).

Возмущающими воздействиями можно считать затупление пил, отклонения параметров сырья от средних, случайные сбои размерной настройки, изменение натяжения пил. Затупление пил — внутреннее функциональное возмущающее воздействие, изменяющееся во времени по некоторому закону со случайными параметрами.

Среди выходных параметров рассмотрим линейную производительность рамной распиловки $П$, показатель точности размеров пиломатериалов b, шероховатость пластей пиломатериалов, потребляемую мощность.

Задачу оптимального управления можно сформулировать следующим образом: необходимо выбирать посылку и принимать решение о поднастройке рамы так, чтобы линейная производительность за упряг достигала максимума и выполнялись ограничения по качеству пило-

---

* Соболев И. В. Статистический контроль качества рамной распиловки. М., «Лесная промышленность», 1971.

материалов и мощности привода лесорамы. При известных диаметре бревен, скорости резания и параметрах пил ограничения по шероховатости пластей и мощности привода можно заменить ограничением на посылку. В терминах теории оптимального управления задачу можно записать в следующем виде:

$$П = \int_0^T \Delta(t)\,dt \to \max; \tag{1}$$

$$b = f(\Delta,\ t) \leqslant [b]; \tag{2}$$

$$\Delta \leqslant [\Delta], \tag{3}$$

В этих формулах введены следующие обозначения:

T — продолжительность пиления;

$[b]$ — допустимая граница показателя точности размеров;

$\Delta]$ — допустимая посылка по величине шероховатости или мощности привода.

Данные погрешностей размеров и шероховатости поверхности с увеличением скорости подачи монотонно возрастают, поэтому функционал (1) максимизируется на границе ограничений (2) или (3). Поддерживая максимальную посылку, допустимую ограничениями (2) и (3), тем самым обеспечиваем максимум функционала (1). Эта предпосылка дает возможность свести задачу оптимального управления к задаче стабилизации показателей качества распиловки, главным образом, точности размеров пиломатериалов. Сложность заключается в том, что функция $b = f(\Delta, t)$ меняется при изменении состояния рамы и с требуемой точностью заранее не может быть известна. Это делает необходимым оценивать состояние (настройку) рамы в процессе работы по ее производительности и качеству обработки пиломатериалов, определять эффективность продолжения работы при данной настройке и корректировать режим пиления.

Следовательно, алгоритм управления процессом рамной распиловки должен включать: а) выборочный контроль размеров пиломатериалов, проводимый через определенные промежутки времени на протяжении периода пиления; б) определение условий, при которых после проведения поднастройки распиливают продукции больше, чем при работе с прежней настройкой; в) корректировку посылки с тем, чтобы ограничения (2) и (3) выполнялись как равенства.

Для реализации этого алгоритма можно применить программное регулирование посылки, но при условии, что программу корректируют после каждой выборочной проверки размеров. В простейшем случае программа регулирования посылки

$$\Delta(t) = a_0 - a_1 t. \tag{4}$$

Программу корректируют изменением коэффициента a_0. Коэффициент a_1 можно не корректировать, его выбирают так, чтобы точность распиловки на протяжении между выборочными проверками в среднем оставалась постоянной. Снижением скорости подачи во времени компенсируется увеличение погрешностей размеров при затуплении пил.

Сформулируем в общем виде условие поднастройки лесопильной рамы. Эффективность поднастройки обусловлена тем, что уменьшение систематических смещений среднего размера пиломатериалов относительно середины поля допуска позволяет повысить дисперсию

размеров увеличением посылки. Поднастройка оправдана, если после ее проведения за вероятное время τ работы рамы до сбоя настройки (или за время T, оставшееся до конца упряга, при $T < \tau$) продукции произведено больше, чем при прежней настройке. Математически, с учетом выражений (1) и (4), запишем это условие

$$\int_{t}^{t+\tau} (a_0' - a_1 t)\, dt < \int_{t+t_н}^{t+\tau} (a_{он}' - a_1 t)\, dt, \qquad (5)$$

здесь a_0' — коэффициент программы (4), скорректированный по результатам последней выборочной проверки, проведенной в момент времени t;

$a_{он}'$ — коэффициент a_0, вычисленный при условии устранения систематических погрешностей поднастройкой;

$t_н$ — время поднастройки.

Алгоритм управления предусматривает после каждой выборочной проверки вычисление коэффициентов a_0' и $a_{он}'$ и проверку условия (5). При выполнении этого условия раму поднастраивают и в программу регулирования скорости подачи (4) подставляют коэффициент $a_{он}'$, в противном случае поднастройку не производят, а в программу (4) ставят значение a_0'. В период между измерениями осуществляется программное регулирование посылки по скорректированной программе. На рис. 1 приведен примерный график изменения скорости подачи за период работы пил T при управлении по описанному выше алгоритму.

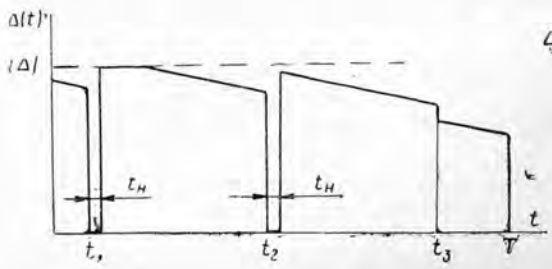


Рис. 1.

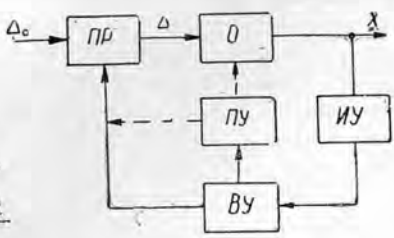


Рис. 2.

Рассмотрим блок-схему системы управления процессом рамной распиловки, работающей по данному алгоритму (рис. 2). На выходе объекта управления *О* при помощи измерительного устройства *ИУ* определяют толщину пиломатериалов *X*. Результаты измерений поступают в вычислительное устройство *ВУ*, где определяются оценки параметров распределения размеров (среднее и дисперсия), показатель точности, коэффициенты a_0' и $a_{он}'$ и проверяется условие (5). При выполнении условия (5) на пульт управления *ПУ* поступает сигнал о необходимости поднастройки рамы. При этом в программный регулятор *ПР* засылается значение $a_{он}'$. Если поднастройку не производят, то регулирование посылки ведут с коэффициентом a . Программным регулятором обеспечивают также соблюдение ограничения (3).

Поступила 3 июня 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.79

РОЛЬ ПЛАТЫ ЗА ФОНДЫ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л. Н. КАРАВАЕВ, Н. В. МУРАШКИН

Объединение «Пермлеспром».
Ленинградская лесотехническая академия

Приводится теоретический анализ влияния платы за фонды на отчисления в фонды поощрения и повышение эффективности производства. На примере предприятий объединения «Пермлеспром» показано, что экономическая категория «плата за фонды» должна касаться всех предприятий, независимо от их рентабельности и суммы прибыли. Прибыль должна перераспределяться объединением между предприятиями.

В комплексе мер по совершенствованию экономических методов руководства предприятиями, отраслями промышленности и в целом народным хозяйством большое внимание уделено улучшению использования производственных фондов на основе введения платы за них и укрепления хозяйственного расчета.

В настоящее время лесозаготовительным предприятиям норма платы за фонды устанавливается дифференцированно в зависимости от рентабельности и размера балансовой прибыли. Так, на 1973 г. из 36 лесозаготовительных предприятий объединения «Пермлеспром» плата за фонды в размере 6% от среднегодовой стоимости производственных фондов была установлена 13 леспромхозам, имеющим общую рентабельность от 6,94 до 38,67% и балансовую прибыль от 500 до 1863 тыс. р.; в размере 3% — 7 леспромхозам, с общей рентабельностью 2,60—19,07% и балансовой прибылью 150—500 тыс. р.; наконец, 16 предприятий, или 44%, были освобождены от платы, так как имели общую рентабельность 0,07% и ниже.

В целом по объединению «Пермлеспром» норма платы за фонды за 1973 г. составила 3,0%, а сумма платы за фонды — 10 286 тыс. р. при среднегодовом наличии производственных фондов 341 056 тыс. р.

Такой метод взносов прибыли в бюджет искажает, на наш взгляд, понятие «плата за фонды» и подобен (при прочих равных условиях) фиксированным рентным платежам.

Хозрасчетные стимулы в повышении эффективности использования производственных фондов определяются степенью влияния платы за фонды и показателя расчетной рентабельности на отчисления в поощрительные фонды. Проведенный нами анализ этого влияния позволил установить следующее:

а) расчетная рентабельность предприятия зависит от суммы балансовой прибыли и нормы платы за фонды

$$PP = \frac{БП - С - К - Д}{ПФ - ОПФ'} \cdot 100 = \frac{БП - Н(ПФ - ОПФ') - К - Д}{ПФ - ОПФ'} \cdot 100 =$$

$$= \frac{БП - К - Д}{ПФ - ОПФ'} \cdot 100 - Н, \qquad (1)$$

где PP — расчетная рентабельность, %;
$БП$ — балансовая прибыль, тыс. р.;
C — плата за производственные фонды, тыс. р.;
K — проценты за пользование кредитом, тыс. р.;
$Д$ — фиксированные платежи, тыс. р.;
$ПФ$ — среднегодовая стоимость производственных фондов, тыс. р.
$ОПФ'$ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов, по которым предоставлены льготы по плате за фонды;
H — норма платы за фонды, %.

Вследствие освобождения леспромхозов от взносов в виде фиксированных рентных платежей формулу зависимости расчетной рентабельности можно представить следующим образом:

$$PP = \left(\frac{БП - K}{ПФ - ОПФ} \cdot 100\right) - H, \qquad (2)$$

б) абсолютное отклонение ΔPP фактической расчетной рентабельности PP_1 от плановой PP_0 не зависит от нормы платы за фонды

$$\Delta PP = \left[\left(\frac{БП_1 - K_1}{ПФ_1 - ОПФ'_1} \cdot 100\right) - H\right] = \left[\left(\frac{БП_0 - K_0}{ПФ_0 - ОПФ'_0} \cdot 100\right) - H\right]$$

или

$$\Delta PP = \left(\frac{БП_1 - K_1}{ПФ_1 - ОПФ'_1} \cdot 100\right) - \left(\frac{БП_0 - K_0}{ПФ_0 - ОПФ'_0} \cdot 100\right), \qquad (3)$$

где $ПФ_0$ и $ПФ_1$ — среднегодовая стоимость производственных фондов соответственно по плану и фактически за анализируемый период, тыс. р.
$ОПФ'_0$ и $ОПФ'_1$ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов, по которым предоставлены льготы по плате за фонды, соответственно по плану и фактически за анализируемый период, тыс. р.

Зависимость (3) показывает, что фактическая расчетная рентабельность может отличаться от плановой под влиянием только трех факторов: балансовой прибыли, платежей по процентам за кредит и стоимости платных производственных фондов, то есть

$$PP_1 = PP_0 \pm \Delta PP. \qquad (4)$$

Норма платы за фонды не относится к числу факторов, влияющих на фактическое изменение рентабельности и отчислений в фонды поощрения. Вместе с тем масса прибыли, вносимой в бюджет как первоочередной платеж в виде платы за фонды $[H(ПФ—ОПФ')]$, влияет на абсолютную величину выполнения плана по расчетной рентабельности и соответственно на размеры хозрасчетных стимулов использования производственных фондов, так как наличие сверхплановых платных производственных фондов $(ПФ—ОПФ')$ снижает фактическую расчетную рентабельность.

Плата за фонды как самостоятельная экономическая категория должна стимулировать заинтересованность предприятий в более рациональном использовании основных и оборотных средств и в повышении эффективности новых капитальных вложений, в укреплении полного хозяйственного расчета на предприятиях в части интенсификации использования основных и оборотных средств и повышении их эффективности. Следовательно, плата за фонды должна касаться всех леспромхозов без исключения, независимо от их рентабельно-

сти (убыточности). Для дифференциации ставок по леспромхозам, на наш взгляд, нет теоретических и практических оснований. Почему, например, за трелевочный трактор ТДТ-75, полученный от завода-изготовителя в одно и то же время по одинаковой прейскурантной стоимости, для трелевки леса в Самковском леспромхозе нужно отчислять 6%, в Велвинском — 3%, а Добрянский леспромхоз освободить от платы вообще, в то время как в леспромхозах одинаковые условия трелевки.

Мы понимаем, что этот вопрос затрагивает многие стороны экономики отрасли, в частности, принципа построения оптовых цен на лесопродукцию. При этом нам представляется, что норму платы за фонды лучше установить одинаковой для всех предприятий, комбинатов, объединений, исходя из средней фактической нормы в целом по Министерству (объединению) за какой-либо базовый период. Для этого необходимо предоставить право объединениям перераспределять прибыль планово убыточным и малорентабельным предприятиям как надбавку к сумме балансовой прибыли предприятий, необходимой для взноса в виде платы за фонды. Схема применения надбавок подобна методу исключения различий в рентабельности по не зависящим от леспромхозов причинам, разработанному коллективом кафедры экономики лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства Ленинградской лесотехнической академии*.

Об этом говорят следующие цифры. По объединению «Пермлеспром» за 1973 г. при неудовлетворительной работе (балансовая прибыль 73,6% к плану) взносы в бюджет составили: в виде платы за фонды — 10 286, в виде свободного остатка прибыли — 9695 тыс. р., или 36,3 и 34,2% от общей массы балансовой прибыли. Следовательно, в целом объединение имело достаточно прибыли для взносов платы за фонды и удовлетворения других плановых нужд.

Предлагаемый подход к перераспределению прибыли по предприятиям внутри объединения при оставлении платы за фонды в целом по объединению на уровне плана 1973 г. будет способствовать как улучшению использования имеющихся средств производства, так и новому капитальному строительству.

Поступила 26 июня 1975 г.

УДК 634.0.6

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ГУСТОТЫ КУЛЬТУР ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ**

А. И. ШИНКАРУК

Тернопольский финансово-экономический институт

Приведены результаты выбора оптимального варианта густоты посадки культур сосны по экономическому критерию, позволяющему обеспечить создание наиболее продуктивных насаждений с наименьшими затратами. Учтена хозяйственная возможность рационального использования каждой единицы лесной площади.

Цель проведенного исследования заключалась в выборе оптимального варианта густоты культур при создании искусственных лес-

---

* Родигин А. и др. Хозрасчет в леспромхозах. «Лесная промыленность», 1968.

** Работа выполнена под руководством доц. Т. А. Кисловой.

ных насаждений. Критерием оптимальности принят предложенный Т. А. Кисловой [1] экономический критерий, в соответствии с которым оптимальна густота, обеспечивающая создание наиболее продуктивного насаждения с наименьшими затратами.

Зависимость затрат и стоимости полученной продукции от густоты и размещения растений анализировали на участках чистых 40-летних культур сосны, созданных в одинаковых условиях рельефа, почв, лесокультурного фона, по одинаковой технологии. Данные о характере условий и технологии выращивания культур получены в Луцком облгосархиве и лесхоззагах. Дополнительно идентичность условий устанавливали на месте: путем выкопки и описания шурфов, изучения напочвенного покрова, подлеска, ознакомления с материалами лесоустройства и т. д. Все пробные площади заложены в условиях свежей субори B_2 Западного Полесья УССР (Ровенская область). Культуры созданы после частичной полосной подготовки почвы на свежих лесосеках.

Затраты на создание и выращивание культур исчислены по методу восстановительной стоимости на уровне производственной себестоимости с учетом максимально возможной механизации работ. При калькулировании себестоимости использованы методические рекомендации, предложенные научными сотрудниками ЛенНИИЛХа Г. Т. Румянцевым [3], Е. В. Полянским и В. Д. Димитровым [2]. Затраты на посадочный материал (однолетние сеянцы сосны), себестоимость коне-дня и тракторо-смены взяты как средневзвешенные за 3 года по Ровенскому областному управлению лесного хозяйства, затраты на содержание лесокультурных машин и орудий — по данным ЛенНИИЛХа.

К моменту исследования на большинстве участков культур произрастали чистые сосновые насаждения. Лишь на участках № 8, 10, 12, 14 и 15 имеется незначительная примесь березы, не превышающая 5% от общего числа деревьев на 1 га. Класс бонитета насаждений — Iа, полнота — не ниже 0,7.

Оценка запаса древесины на корню в этих насаждениях произведена по I разряду такс прейскуранта 1973 г. на основании данных сплошного перечета деревьев на пробных площадях, реализация продукции от рубок ухода — по действующему прейскуранту 07—02.

В табл. 1 приведены результаты экономической оценки культур различной густоты.

Поскольку в практике лесного хозяйства при выборе вариантов приходится считаться с затратами труда, прежде всего, ручного, в таблице показана трудоемкость лесовыращивания. Как видим, и общее количество человеко-дней, и количество ручной работы значительно колеблются в зависимости от густоты культур. Особенно высоки они на пробных площадях № 16, 17 19—22 с шириной междурядий 1,2 и 1,0 м. Причина заключается в невозможности механизации посадки и ухода за почвой в таких культурах. В этом отношении названная ширина междурядий выступает фактором, ограничивающим повышение густоты посадки леса.

С ростом густоты культур увеличивается также и себестоимость лесовыращивания: от 198 р. на участке № 1 до 602 р. на участке № 22, или более чем в 3 раза. Свыше 40% этих затрат в наиболее редких посадках и свыше 60% — в наиболее густых приходится на создание и выращивание культур до смыкания. Затраты на рубки ухода с повышением густоты высаживаемых растений хотя и увеличиваются, но гораздо меньше, чем затраты на лесокультурные работы

Таблица 1

№ участков	Густота, тыс. шт.	Размещение сеянцев, м×м	Трудоемкость лесовыращивания		Себестоимость лесных культур, р.	Общая стоимость полученной продукции, р.	Коэффициент приведения к максимальной стоимости продукции на 1 га $K_{пр}$	Показатели экономической оценки			
								Объем продукции на 1 р. затрат $Э_к$		Интегральный $Э_{инт}$	
			чел-дн.	в том числе ручного труда				р.	% к максимуму	условный, р.	% к максимуму
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,1	3,0 × 3,0	38	33	198	1845	0,71	9,32	115	6,62	93
2	2,5	4,0 × 1,0	42	33	223	1664	0,64	7,46	92	4,77	63
3	3,3	3,0 × 1,0	50	39	266	2021	0,78	7,60	94	5,93	84
4	3,6	4,0 × 0,7	43	35	225	1692	0,66	7,52	93	4,96	70
5	4,1	3,5 × 0,7	50	36	261	1961	0,76	7,51	93	5,71	81
6	4,8	3,0 × 0,7	58	44	297	2233	0,86	7,52	93	6,47	91
7	5,0	4,0 × 0,5	47	36	243	1974	0,76	8,12	100	6,17	87
8	5,0	2,0 × 1,0	69	46	385	2583	1,00	6,71	83	6,71	95
9	5,7	2,5 × 0,7	69	47	364	2579	1,00	7,09	87	7,09	100
10	6,7	3,0 × 0,5	60	44	311	2382	0,92	7,66	94	7,05	99
11	6,7	1,5 × 1,0	74	54	442	2540	0,98	5,75	71	5,64	80
12	7,1	2,0 × 0,7	73	49	400	2515	0,97	6,29	77	6,10	86
13	8,0	2,5 × 0,5	71	48	362	2352	0,91	6,50	80	5,92	83
14	9,5	1,5 × 0,7	77	57	458	2331	0,90	5,09	63	4,58	65
15	10,0	2,0 × 0,5	70	50	401	2563	0,99	6,39	79	6,33	89
16	10,0	1,0 × 1,0	114	100	516	2113	0,82	4,10	50	3,36	47
17	11,9	1,2 × 0,7	108	97	493	1929	0,75	3,91	48	2,93	41
18	13,3	1,5 × 0,5	77	56	470	2267	0,88	4,82	59	4,24	60
19	14,3	1,0 × 0,7	131	116	548	2119	0,82	3,87	48	3,17	45
20	16,7	1,2 × 0,5	127	114	512	2055	0,80	4,01	49	3,21	45
21	20,0	1,0 × 0,5	126	113	574	1906	0,74	3,32	41	2,46	35
22	25,0	1,0 × 0,4	132	120	602	1965	0,79	3,26	40	2,48	35

Между густотой и себестоимостью выращивания 40-летних культур установлена тесная корреляционная связь ($r = +0,896 \pm 0,040$).

Однако общая стоимость полученной продукции (графа 7) оказалась выше не в самых густых посадках, а на участках № 8—15. Это свидетельствует о необходимости ограничения густоты, так как дополнительные затраты средств не дают дополнительного прироста продукции.

Для зависимости стоимости полученной продукции от густоты и размещения растений на участках № 1—15 получен коэффициент корреляции $r = +0,736 \pm 0,118$.

В редких посадках стоимость продукции уменьшается из-за меньшего количества растущих деревьев и сведения к минимуму поступлений от рубок ухода, в самых густых — изменяется мало. Некоторое снижение стоимости наблюдается в загущенных насаждениях, где значительно ниже энергия роста, а следовательно, выше число тонких деревьев с меньшей таксовой стоимостью древесины. Применявшийся режим рубок ухода с очень низкой интенсивностью выборки главной породы также не способствовал общему увеличению стоимости продукции.

Путем деления объема полученной продукции на сумму затрат на выращивание леса для каждого участка рассчитаны показатели экономической оценки густоты культур. Как видим, самый высокий уровень полученной продукции на 1 р. затрат (графа 9) — на участке № 7 с размещением растений 4,0×0,5 м (100%). Несколько ниже он оказался на пробных площадях № 2—6 и № 10. На участках более густых культур этот показатель снижался значительно, особенно в посадках с узкими междурядьями. Это вызвано большими затратами средств на выращивание культур до смыкания.

Но при создании лесных культур, как известно, мы на довольно длительные периоды (на 60—100 лет) исключаем из хозяйственного оборота земельные угодья, в связи с чем с 1 га получаем неодинаковый результат. Следовательно, необходимо учесть возможность получения максимума продукции не только на 1 р. затрат, но и на единицу площади. Нельзя мириться с таким явлением, что более низкие затраты средств приводят также к меньшей общей стоимости продукции на 1 га, хотя в целом показатель экономической оценки по выходу продукции на 1 р. затрат может быть и выше. В целях устранения данного недостатка мы скорректировали каждый вариант густоты культур на максимальный объем продукции, полученной к 40-летнему их возрасту. Для этого в формулу экономической оценки мы ввели дополнительный показатель, названный коэффициентом приведения к максимальной стоимости продукции на 1 га ($K_{пр}$). Он получен путем деления общей стоимости продукции на отдельных пробных площадях на максимальную стоимость продукции на участке № 8 — 2583 р. (для этого участка он принят за 1,0). Полученную для каждого участка величину $K_{пр}$ (графа 8) умножают на показатель фактического выхода продукции на 1 р. затрат (графа 9) и получают интегральный показатель экономической оценки культур различной густоты $Э_{инт}$, учитывающий также эффективность использования единицы земельной площади,

$$Э_{инт} = Э_к K_{пр}.$$

Как видно из граф 11 и 12, оптимальный вариант густоты культур сосны в этом случае приходится на участок № 9. На участке № 8, имеющем одинаковую общую стоимость продукции на 1 га, показатель экономической оценки на 5% ниже оптимального, а на участке № 7 — ниже на 13%.

Таким образом, в условиях свежей субори B_2 Западного Полесья УССР следует признать оптимальной густоту посадки 5,7 и 6,7 тыс. шт. однолетних сеянцев на 1 га при размещении растений 2,5×0,7 м и 3,0×0,5 м (пробные площади № 9 и 10). Размещение сеянцев на площади при относительно одинаковых густотах имеет существенное значение. Так, на участках № 15 и 16 с одинаковым количеством высаженных растений, но разным размещением показатель

экономической оценки составляет соответственно 89 и 47% от максимального. Представляет интерес участок № 1 с квадратным размещением растений (к сожалению, единственный среди изученных нами насаждений).

Следовательно, экономическая оценка культур дает возможность установить наиболее целесообразную первоначальную густоту растений и их размещение на площади. При этом принимается во внимание экономическое требование получения наивысшего результата на единицу затрат и одновременно взвешивается хозяйственная возможность более рационального использования каждой единицы лесной площади.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кислова Т. А. К вопросу об экономической оценке лесных культур различной густоты. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 2. [2]. Полянский Е. В., Димитров В. Д. Калькулирование себестоимости лесокультурных работ и лесных культур (Методические рекомендации). Л.,1973. [3]. Румянцев Г. Т. Экономика лесовосстановительных работ. М., «Лесная промышленность», 1969.

Поступила 7 апреля 1975 г.

УДК 634.0.78

К ВОПРОСУ О ЗАГРУЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ РАЗЛИЧНОЙ ЛЕСОПРОДУКЦИЕЙ

Г. П. МУСИХИН

Марийский политехнический институт

Выведены сравнительные коэффициенты загрузки железнодорожных вагонов пиловочником, пиломатериалами и брусьями-полуфабрикатами (двухкантными и четырехкантными), исходя из перевозимой полезной продукции (без отходов).

Наряду с поставкой пиломатериалов и незначительного объема черновых заготовок из восточной части страны в центральные и южные районы в больших количествах отгружается круглый лес, в первую очередь, пиловочник. Так, по данным В. В. Глотова [1], в малолесные районы ежегодно перевозится более 28 млн. м^3 пиловочного сырья.

О нерациональности таких перевозок писали неоднократно. Величину загрузки вагонов пиломатериалами обычно принимают на 3—4 м^3 больше загрузки круглым лесом. Однако эти данные получены или расчетным путем, или на основании экспериментальных погрузок и характеризуют возможный уровень загрузки вагонов пиломатериалами. По Красноярскому управлению Лесоснабсбыта за ряд лет (1966—1970 гг.) фактическая средняя загрузка одного двухосного вагона составила: по пиломатериалам обычным хвойным — 25 м^3, по пиломатериалам высококачественным — 26,2 м^3, в то время как по пиловочнику хвойному — 30,7 м^3 (сюда не вошла кора, составляющая примерно 10% объема древесины).

Меньшая эффективность поставок круглого леса, на наш взгляд, кроется не в меньшей загрузке вагонов, а в том, что при переработке его в малолесных районах получается примерно 35% отходов, практически не используемых из-за большой распыленности производства. Но и переработка обычных пиломатериалов для придания

им спецификационного вида в пунктах потребления вызывает значительные и, как правило, безвозвратные потери, достигающие, по одним данным, 25—30, по другим, 15% общего объема поставок обычных пиломатериалов [5]. При этом транспорт излишне загружается перевозками древесины, не находящей применения в народном хозяйстве и идущей в отходы. При поставках круглого леса, кроме того, перевозится и кора; они могут быть эффективны только при полном использовании древесины в малолесных районах.

В данной статье нами исследован вопрос ограниченного характера: эффективность загрузки железнодорожных вагонов различной лесопродукцией — пиломатериалами, пиловочником и брусьями-полуфабрикатами, предназначенными для дальнейшей распиловки в местах потребления. Некоторые данные взяты нами из ранее опубликованной статьи [2].

Порядок исследования был следующим.

1. Для всех видов лесопродукции определена загрузка вагонов (фактическая или расчетная) q_n, м³: фактическая по материалам Красноярского управления Лесоснабсбыта и отгрузочным спецификациям Мухенского ЛПК Хабаровского края, расчетная — с учетом коэффициентов плотности укладки лесоматериалов и полезного загрузочного объема четырехосного вагона для определенной длины погрузки [3].

2. Установлены коэффициенты загрузки железнодорожных вагонов данными лесоматериалами a_n как отношение величины загрузки q_n к полезному загрузочному объему вагона Q_n

$$a_n = \frac{q_n}{Q_n}.$$

3. Коэффициенты загрузки железнодорожных вагонов a_n приведены к загрузке одним видом лесоматериалов, в данном случае — пиломатериалами a'_n. Выбор пиломатериалов в качестве эталона обусловлен наибольший распространенностью поставок их как в настоящее время, так и в ближайшем будущем. Коэффициент загрузки вагонов обычными пиломатериалами скорректирован с учетом потери 15% древесины из-за неспецификационности продукции (коэффициент 0,85). Приведенные коэффициенты загрузки вагонов другими лесоматериалами определены путем использования процента выхода пиломатериалов A_n из данных лесоматериалов — круглого леса и брусьев

$$a'_n = \frac{a_n \cdot A_n}{100}.$$

4. Путем деления приведенных коэффициентов a'_n на скорректированный коэффициент загрузки пиломатериалами найдены «сравнительные» коэффициенты загрузки железнодорожных вагонов b_n, позволяющие судить о степени их загрузки полезной продукцией (без отходов).

Для круглого леса фактическая загрузка четырехосного вагона (61,4 м³), определенная по отгрузочным спецификациям, совпадает с расчетной (для длины погрузки 12 м). Для четырехкантных брусьев (чистообрезных) принята фактическая загрузка — 74 м³ (по материалам Красноярского ДОКа и Мухенского ЛПК, отгружающих мостовой и вышечный брус), а для брусьев с обзолом — с учетом коэффициента β, выведенного и определенного ранее [2].

Для пиломатериалов приняты две величины загрузки: расчетная 58 м³ (при длине погрузки 11 м) и фактическая 51,2 м³ (по материалам Красноярского Лесоснабсбыта). Длина погрузки пиломатериалов принята меньшей, чем для круглого леса, что вытекает из существа распиловки.

Загрузка двухкантным брусом принята расчетная, средняя между загрузкой вагонов четырехкантным брусом и круглым лесом (пиловочником).

Проценты выхода пиломатериаков A_n из брусьев-полуфабрикатов рассчитаны нами для различных сечений при общем постоянном выходе пиломатериалов из бревна 65%. Этим достигается бо́льшая сопоставимость полученных «сравнительных» коэффициентов эффективности загрузки железнодорожных вагонов различными лесоматериалами.

Таблица 1

Вид перевозимого материала		Коэффициент загрузки железнодорожных вагонов данным лесоматериалом	Коэффициент загрузки, приведенный к пиломатериалам	Сравнительные коэффициенты загрузки железнодорожных вагонов
Круглый лес		$a_1 = \frac{61,4}{99,9} = 0,615$	$a_1' = 0,615 \cdot 0,65 = 0,40$	$b_1' = \frac{a_1'}{a_2'} = 0,74$ $b_1 = \frac{a_1'}{a_2''} = 0,81$
Пиломатериалы		$a_2 = \frac{58}{90,4} = 0,64$ $a_2 = \frac{52,4}{90,4} = 0,58$	$a_2' = 0,64 \cdot 0,85 = 0,54$ $a_2'' = 0,58 \cdot 0,85 = 0,493$	$b_2' = 1,0$ $b_2 = 1,0$
Двухкантные брусья	$H = 0,707d$	$a_3 = \frac{67,7}{101,8} = 0,662$	$a_3' = 0,665 \cdot 0,787 = 0,523$	$b_3' = 0,97$ $b_3 = 1,06$
	$H = 0,80d$	$a_3 = \frac{67,4}{101,8} = 0,662$	$a_3' = 0,662 \cdot 0,75 = 0,496$	$b_3' = 0,92$ $b_3 = 1,01$
	$H = 0,90d$	$a_3 = \frac{65,6}{101,8} = 0,645$	$a_3' = 0,645 \cdot 0,734 = 0,473$	$b_3' = 0,876$ $b_3 = 0,96$
	$H = 0,95d$	$a_3 = \frac{63,8}{101,8} = 0,627$	$a_3' = 0,627 \cdot 0,71 = 0,445$	$b_3' = 0,825$ $b_3 = 0,905$
Четырехкантные брусья	$H = 0,707d$	$a_4 = \frac{74}{100,2} = 0,738$	$a_4' = 0,738 \cdot 0,906 = 0,668$	$b_4' = 1,24$ $b_4 = 1,35$
	$H = 0,80d$	$a_4 = \frac{73,5}{100,2} = 0,734$	$a_4' = 0,734 \cdot 0,829 = 0,60$	$b_4' = 1,11$ $b_4 = 1,22$
	$H = 0,90d$	$a_4 = \frac{69,8}{100,2} = 0,696$	$a_4' = 0,696 \cdot 0,788 = 0,546$	$b_4' = 1,02$ $b_4 = 1,11$
	$H = 0,95d$	$a_4 = \frac{66,3}{100,2} = 0,66$	$a_4' = 0,66 \cdot 0,764 = 0,504$	$b_4' = 0,93$ $b_4 = 1,02$

В табл. 1 приведен полный расчет всех коэффициентов для различных лесоматериалов по ранее рассмотренной методике. Сравнительные коэффициенты загрузки выведены по отношению к двум величинам загрузки вагонов пиломатериалами, что объясняется значительной разницей фактической (52,4 м³) и расчетной (58,0 м³) за-

грузок. Величина фактической загрузки взята для высококачественных пиломатериалов, для обычных она находится в пределах 49,4—50,2 м³. Довольно низкий уровень загрузки вызван, на наш взгляд, применением непрогрессивных способов погрузки и большим колебанием длин пиломатериалов в вагоне. У круглого леса (и брусьев) эти отрицательные факторы сказываются меньше.

Из данных таблицы видно, что четырехкантные брусья квадратного сечения размером до 0,80 *d* значительно превосходят по полезной загрузке остальные полуфабрикаты, в том числе и пиломатериалы с расчетной загрузкой. Брусья сечением $0{,}90d \times 0{,}90d$ и $0{,}95d \times 0{,}95d$ несколько уступают им, однако оказываются эффективнее пиломатериалов с фактической загрузкой на одном уровне с пиломатериалами расчетной загрузки;

Таблица 2

Вид перевозимой лесопродукции		Приведенная загрузка четырехосного вагона, м³	Количество потребных вагонов, шт.	Разница в железнодорожном тарифе, млн. р.		Высвобождается (по сравнению с круглым лесом)	
				по сравнению с пиловочником	по сравнению с пиломатериалами	вагонов	локомотивов
Пиловочник		36	55600	—	—	—	—
Пиломатериалы		44,5	45000	4,9	—	183	3
Двухкантные брусья	$H = 0{,}707d$	47,1	42500	6,08	1,18	226	4
	$H = 0{,}80d$	45,0	44500	5,15	0,25	191	3
	$H = 0{,}90d$	42,7	47000	3,99	+0,91	148	3
Четырехкантные брусья	$H = 0{,}707d$	60	33400	10,30	5,40	382	6
	$H = 0{,}80d$	54,3	36900	8,68	3,78	322	5
	$H = 0{,}90d$	49,4	40500	7,00	2,10	260	4

Полученные данные могут быть использованы при сравнении перевозки железнодорожным транспортом различных видов лесопродукции. Так, в табл. 2 приведены данные, характеризующие железнодорожную доставку потребителям 2 млн. м³ пиловочника, пиломатериалов и брусьев на расстояние 3900 км. Тариф за четырехосный железнодорожный вагон на такое расстояние для пиломатериалов составляет 464 р. [3].

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Глотов В. В. Эффективность размещения производств лесной промышленности. М., 1968. [2]. Мусихин Г. П. Теоретическое исследование производства четырехкантных брусьев-полуфабрикатов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 3. [3]. Показатели себестоимости перевозок основной продукции лесной и деревообрабатывающей промышленности железнодорожным транспортом. М., Гипролеспром, 1967. [4]. ТЭО Строительство заводов по производству пиломатериалов в соответствии с приказом Минлеспрома СССР от 6. 08. 1969 г., № 360. Л., Гипродрев, 1971. [5]. Шибалов В. И. Перевозки лесоматериалов и механизация погрузочно-разгрузочных работ. М., «Лесная промышленность», 1968.

Поступила 21 января 1975 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.165.6

СЕЛЕКЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВОГО ЗАКАЗНИКА «ГРИЦЕВОЛЯ»

А. А. БОЖОК

Львовский лесотехнический институт

По данным исследований на территории Радеховского лесхоззага Львовской области дается таксационно-селекционное описание соснового заказника «Грицеволя», ставится вопрос об его использовании для селекционных целей и сохранения генетического фонда сосны обыкновенной в условиях Малого Полесья УССР.

Сосновый заказник «Грицеволя» общей площадью 109,4 га расположен в квартале 64 Лопатинского лесничества Радеховского лесхоззага Львовской области.

До начала XX в. в Лопатинском лесничестве сохранялись девственные леса возрастом более 400 лет. В конце XIX в. здесь насчитывалось свыше 17 000 сосен рекордных размеров. Объем одного дерева достигал 32 м³, при высоте 35—40 м и диаметре до 150 см. В начале XX в. эти спелые и перестойные сосновые древостои были вырублены для нужд кораблестроения. При этом заготовляли специальные сортименты длиной 10—12 м и толщиной в верхнем отрубе более 80 см. При рубке леса оставляли семенники, отдавая преимущество лучшим деревьям. Через 6—7 лет, когда семенники выполнили свою роль, их удаляли. При таком способе рубок естественным путем было восстановлено около 2000 га сосновых насаждений. В настоящее время они представлены спелыми и приспевающими древостоями и наиболее ценны с селекционной точки зрения.

Особенно интересно сосновое насаждение заказника «Грицеволя».

Древостой пробной площади размером 0,5 га представлен деревьями всех селекционных категорий. Сумма плюсовых и нормально-лучших деревьев составляет 35,6%, нормальных — 55,9% и минусовых — 8,5%. Такое распределение деревьев свидетельствует о высокой селекционной ценности насаждения, которое по шкале М. М. Вересина* относится к категории плюсовых.

По данным пробной площади, полнота насаждения — 0,95, средняя высота — 34,5 м, диаметр — 41 см, возраст — 86 лет, запас сосны с другими породами — 720 м³/га. Насаждение находится в верхних границах Iа класса бонитета.

Характеристика наиболее типичного модельного дерева: высота — 36,32 м, диаметр на высоте груди в коре — 39,8 см, без коры — 37,3 см, диаметр кроны в направлении СЮ — 3,8 м, ВЗ — 4,0 м, высота прикрепления первого живого сучка — 26 м. Объем модели вычислен по двухметровым секциям и составил: в коре — 1,79 м³, без коры — 1,65 м³, видовое число в коре — 0,412, без коры — 0,415. Текущий прирост по объему — 0,326 м³, видовая высота в возрасте 86 лет — 15,1, отношение текущего прироста по объему к среднему — 1,7.

На территории заказника заложено 16 учетных площадок размером 0,2 га в шахматном порядке. В среднем для учетных площадок деревья сосны распределяются следующим образом по селекционным категориям: плюсовые — 4,1%, нормально-лучшие — 23,4%, нормальные — 56,5%, минусовые — 16%. Сумма площадей сечения для сосны — 44,5, для граба и прочих — 2,7 м²/га; запас по Iа разряду для сосны — 642, для граба и прочих — 20 м³/га.

При селекционной инвентаризации на учетных площадках № 3, 9 и 16 все деревья были распределены на группы по ширине кроны, ее окраске и форме, высоте поднятия грубой коры по стволу. Исследованы строение и окраска шишек, их размеры, а также процентное участие семян определенной окраски в партии шишек, отобранных по цвету. Деревья, у которых отношение диаметра кроны к диаметру дерева менее 11, относили к узкокронным, более 12 — к ширококронным. В насаждении преобладают деревья первой формы (64,1%).

---

* Вересин М. М. Лесное семеноводство. М., Гослесбумиздат, 1963.

По строению коры преобладают деревья грубой гладкотрещиноватой (56,6%) и продольнотрещиноватой (20,8%) форм с фиолетовым оттенком коры в трещинах. Деревья, отставшие в росте, имеют в основном гладкую мелкотрещиноватую (19,8%) или ракушковатую (0,9%) кору. Единично встречаются деревья с корой воротничковой формы (1,9%). Деревья, у которых грубая кора поднимается до $^1/_3$ ствола, составляют 4,7%, от $^1/_3$ до $^1/_2$ — 52,9%, более $^1/_2$ — 41,5%.

При разработке лесосеки на выделе № 1 все здоровые шишки собирали для заготовки высококачественных семян. На шишкосушилке была отобрана партия шишек (500 шт.) для изучения строения апофиза, окраски и размеров. Из них извлекали семена и распределяли по цвету в зависимости от окраски шишек.

Данные статистической обработки показали, что средняя длина шишек составляет 48,6±1,2 мм (при показателе точности 0,1% и коэффициенте вариации 2,5%), а ширина — 23,3±0,4 мм (при показателе точности 0,09% и коэффициенте вариации 1,9%). По классам крупности они распределились следующим образом: мелкие (менее 40 мм) — 19,3%, средние (41—50 мм) — 55,8% и крупные (свыше 50 мм) — 24,9%. В общем количестве значительный процент составляют шишки размером свыше 45 мм, а по цвету — серые и серо-зеленые (54%), по строению апофиза преобладают шишки пирамидальной формы. Среди мелких шишек преобладают темно-коричневые по цвету и гладкие по строению апофиза, а среди крупных — серые и серо-зеленые с пирамидальной или загнутой к основанию формой апофиза.

Извлеченные из шишек семена распределились по окраске следующим образом: черные — 50,3%, переходные — 41,3%, серые — 8,4%. Серые шишки дали семян светлой окраски 12,3%, пестрых — 31,5 и черных — 56,2%; темно-коричневые: серых — 8,7%, пестрых — 43,8% и черных — 47,5%; переходные: серых семян — 7,4%, пестрых — 45,5 и черных — 47,1%. Преобладание деревьев с черными семенами и зеленовато-серыми шишками с бугристым или слабобугристым апофизом указывает, по исследованиям ряда авторов, на высокую смолопродуктивность этих форм сосны.

По данным Львовской семенной станции, семена соответствуют I классу качества и характеризуются следующими показателями: энергия прорастания за 7 дней — 94%,всхожесть — 97% и чистота — 97,5%. Вес 1000 семян — 6,76 г.

Партия таких семян весом 3,2 кг была отправлена в координационный центр (ВНИИЛМ) для рассылки по пунктам закладки географических культур сосны с участием львовского климатипа.

В настоящее время на территории заказника выделено 30 плюсовых деревьев, черенки которых используются для закладки лесосеменных плантаций.

В заключение отметим, что по всем показателям сосновый заказник «Грицеволя» относится к категории плюсовых насаждений, которых в настоящее время на территории Львовской области сохранилось очень мало. Следовательно, необходимо принять все меры к сохранению и улучшению его генетического основания. Прежде всего нужно вырубить все деревья, пораженные корневой губкой, а также минусовые. В южной части заказника следует также запретить выпас скота. В наиболее ценной его части следовало бы произвести вырубку подлеска и подроста, а затем провести рыхление почвы для облегчения появления самосева сосны. Последний мог бы быть использован в качестве подвоя при закладке лесосеменных плантаций.

УДК 634.0.232.31 : 634.0.284

СОХРАННОСТЬ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН СОСНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОДСОЧКИ

Е. Г. ПАРАМОНОВ

Производственное объединение «Бийскпромлесхоз»

Определены энергия прорастания и всхожесть семян сосны как свежесобранных, так и по истечении трех лет их хранения. Наилучшим образом сохраняют всхожесть семена, собранные с незаподсоченных деревьев. Наиболее сильно понижается всхожесть семян, собраных с подсачиваемых в течение 6 лет деревьев. Семена, собранные после 8 и 10 лет подсочки, лучше сохраняют всхожесть, что можно объяснить и бо́льшим содержанием в них каротиноидов и жиров.

В лесном семенном деле особое место занимает вопрос о продолжительности хранения семян древесно-кустарниковых пород и сохранении их посевных качеств. Применительно к семенам сосны, собранным с заподсоченных деревьев, этот вопрос

в литературе отражения не нашел. Имеющиеся исследования о качестве семян сосны в связи с подсочкой деревьев ([1], [2] и др.) касаются свежесобранных семян. Нет исследований о возможности хранения семян, собранных с заподсоченных деревьев.

Таблица 1

Длительность подсочки, лет	Число деревьев, шт.	Размер пробной площади, га	Средние			Запас, м³/га
			диаметр на 1,3 м, см	высота, м	полнота	
0 (контроль)	469	0,44	30,1	23,4	0,79	303
4	467	0,44	30,5	23,5	0,81	311
6	443	0,35	32,1	24,4	0,77	296
8	453	0,45	31,1	23,9	0,80	307
10	470	0,46	32,1	24,4	0,82	315

В условиях Боровлянского леспромхоза Алтайского края мы выявляли урожай семян и их посевные качества в заподсоченных древостоях. Работа проведена на пробных площадях (табл. 1), древостои которых подсачивали в течение 4, 6, 8 и 10 лет, а также в контрольном незаподсоченном древостое. Возраст насаждений VI класс, полнота 0,8. Насаждения леспромхоза входят в состав Верхне-Обского борового массива. Последний по лесорастительному районированию [3] относится к Приобскому сосново-боровому округу Иртышско-Обской подпровинции сосновых и березовых остепненных лесов Западно-Сибирской провинции таежных и остепненных лесов.

В течение первых 8 лет подсочку вели восходящей ребристой желобковой каррой, последующие два года — с применением химических стимуляторов выделения живицы. В качестве стимулятора применяли техническую серную кислоту с содержанием моногидрида не менее 80%. В качестве наполнителя использовали каолин, содержание которого в пасте колебалось от 50 до 70%.

При сплошном перечете на пробных площадях деревья распределяли по категориям роста и развития, согласно классификации М. Д. Данилова [2]:

Iа категория — деревья с достаточно хорошо развитой и низко опущенной кроной, суковатые, с сильно сбежистыми стволами;

I категория — деревья верхнего яруса с наиболее сильно развитыми кронами и наибольшими диаметрами, с довольно сбежистыми стволами, обладают сильным ростом. Стволы довольно суковатые, отмирание живых сучьев происходит медленно;

II категория — деревья верхнего полога с компактными сравнительно слаборазросшимися кронами, с малосбежистыми стволами. Обладают быстрым ростом в высоту. Стволы хорошо очищаются от сучьев. Являются самыми высокими деревьями с довольно крупными хорошо развитыми стволами;

III категория — деревья, которые вместе с деревьями Iа категории составляют средний ярус древостоя. Отличаются сравнительно слабым ростом. Кроны развиты слабо, но компактные. Стволы хорошо очищаются от сучьев;

IV категория — деревья нижнего яруса с усыхающими вершинами или со слабо охвоенной кроной.

Морфологические показатели деревьев различных категорий по росту и развитию представлены в табл. 2.

Таблица 2

Категория дерева	Диаметр на 1,3 м, см	Высота общая, м	Высота до первого сучка, м		Протяжение кроны, м	% кроны от высоты ствола	Проекция кроны	
			мертвого	живого			С—Ю	В—З
Iа	30,8	19,9	6,3	9,1	10,8	52,4	7,9	7,6
I	33,4	24,3	7,1	12,5	11,8	48,6	6,6	6,1
II	31,0	25,0	7,8	12,8	12,2	48,4	5,0	4,6
III	26,1	21,1	7,7	11,0	10,1	47,8	3,5	3,3
IV	22,3	17,7	7,4	10,4	7,3	41,2	2,9	2,6

Примечание. Замеры проведены после сплошного повала деревьев на пробных площадях.

Основная масса деревьев сосны в спелых древостоях относится к I и II категориям (до 86%). На долю деревьев III категории приходится до 19,7%, Iа и IV — от 2,4 до 8,1%.

Наибольший интерес представляют деревья I и II категорий, которые, имея наибольшие диаметры, высоты и хорошо развитые кроны, играют основную роль в семеношении насаждения и подсочке. Крона деревьев этих двух категорий имеет средние размеры (4,6—6,6 м).

Как показано нами в предыдущих работах [5—7], на долю деревьев I и II категорий в незаподсоченном древостое приходится до 93% урожая семян, а под влиянием подсочки у них наблюдаются два максимума семеношения (на 4-й и 10-й годы).

В одновозрастном насаждении диаметры деревьев различны. При подсочке вздымщик не может визуально определить диаметры и на разных деревьях нагрузку каррами по окружности ствола сделать одинаковой. В условиях Верхне-Обского массива нами зафиксированы нагрузки каррами от 40 до 90%, но наибольший процент приходится на деревья, нагруженные каррами на 60% (от 45.9 до 52,6% всех заподсоченных деревьев). Все приводимые ниже экспериментальные данные даны для семян, собранных с деревьев, нагруженных каррами на 60%.

В незаподсоченных древостоях основную массу семян (табл. 3) дают деревья I и II категорий, на долю остальных трех категорий приходится только 7% урожая. При вступлении древостоя в подсочку данная тенденция сохраняется. Деревья I и II категорий дают не ниже 90% семян всего насаждения, а на десятом году подсочки участие их в семеношении увеличивается до 99,1%, и только 0,9% урожая приходится на деревья III категории. Деревья Iа и IV категорий очень слабо реагируют на подсочку, максимум семеношения приходится на четвертый год подсочки, в дальнейшем урожай семян неуклонно снижается и к десятому году семеношение прекращается.

Таблица 3

Длительность подсочки, лет	Общий урожай семян, г	В том числе по категориям деревьев				
		Iа	I	II	III	IV
0 (контроль)	521,8	10,0	234,2	250,0	24,4	3,2
4	1846,8	39,4	570,4	1140,0	56,4	40,6
6	962,2	13,6	571,9	329,0	38,2	9,5
8	571,1	9,0	111,4	416,9	32,5	1,3
10	1207,9	0,3	842,4	353,5	11,6	0,1

Применение химических стимуляторов выделения живицы служит новым толчком к усилению семеношения деревьев III и IV категорий. Второй максимум семеношения можно объяснить не образованием дополнительных репродуктивных органов женского типа (они образовались на восьмом году подсочки, когда еще не было химвоздействия), а улучшением условий оплодотворения под влиянием подсочки с химвоздействием. Таким образом, для лесного семенного дела в количественном отношении имеют значение только деревья I и II категорий.

Некоторые биохимические свойства семян в связи с подсочкой представлены в табл. 4.

С началом проведения подсочки в семенах наблюдается снижение содержания каротиноидов и витамина С. Наиболее низкое содержание этих компонентов в семенах с деревьев I категории имело место на 4-м и 6-м годах подсочки, а у деревьев II категории — на 4-м. При дальнейшем проведении подсочки содержание в семенах каротиноидов и витамина С увеличивается и достигает максимума на 8-м или 10-м годах подсочки.

Несколько по-иному колеблется содержание жиров. С началом подсочки количество жиров увеличивается и достигает максимума в семенах с деревьев I категории на 4-м году, а в семенах с деревьев II категории — на 6-м. В дальнейшем наблюдается тенденция к снижению содержания жиров.

После проведения данных анализов и выявления посевных качеств семена в течение трех лет находились в хранении без соблюдения существующих технических требований. Семена находились в бумажных пакетах в месте, исключающем попадание на них влаги. Вместе с тем они непрерывно подвергались воздействию окружающих атмосферных температур. По истечении трех лет были проведены повторные анализы семян на выявление их посевных качеств (табл. 5).

Наилучшим образом сохраняются семена с незаподсоченных деревьев сосны. За три года хранения семена с деревьев I категории снизили всхожесть всего на 10%, а с деревьев II категории — на 19%. Семена, собранные с деревьев, подвергавших-

Таблица 4

Длительность подсочки, лет	Каротиноиды, мг-экв на 100 г вещества	Жиры, %	Витамин С, мг-экв на 100 г вещества
I категория			
0 (контроль)	0.1128	30,21	69,69
4	0,1003	32,31	63,91
6	0,1545	31,05	63,24
8	0,4783	31,28	69,70
10	0,2044	31,30	71,11
II категория			
0 (контроль)	0,1453	29,06	62,03
4	0,1009	29,22	55,20
6	0,1090	33,10	70,36
8	0,1114	31,30	72,14
10	0,1270	29,79	67,97

Примечание. Каротиноиды определены по Девятнину, жиры по Сокслету, витамин С — йодатным методом.

Таблица 5

Длительность подсочки, лет	Энергия прорастания семян, % с деревьев разных категорий		Всхожесть семян, %, с деревьев разных категорий	
	I	II	I	II
0 (контроль)	24/16	26/15	29/17	27/22
6	29/23	44/31	53/37	65/48
8	35/30	50/40	57/44	68/51
10	30/21	49/41	44/33	67/53

Примечание. В числителе данные 1967 г., в знаменателе — 1970 г. Полнозернистые семена от пустых не отделяли.

ся подсочке в течение 6 лет, потеряли всхожесть на 26—30%, семена же с деревьев, находящихся в конце подсочного периода, сохранили более высокую всхожесть, что связано с бо́льшим содержанием в них каротиноидов и жиров.

Через 10 лет пребывания древостоя в подсочке он поступает в рубку, поэтому заготовка семян в организационном отношении наиболее целесообразна в этот период. Представляют интерес именно семена, собранные в конце подсочки, так как досрочное прекращение подсочки — довольно редкое явление. Семена, собранные с деревьев I категории, за период хранения потеряли всхожесть на 25%, II — на 21%. Можно предположить, что при хранении семян сосны с соблюдением всех технических требований снижение всхожести было бы меньшим.

Изложенное позволяет сделать вывод, что семена с заподсоченных в течение 10 лет деревьев могут быть не только применены в лесокультурном производстве, но и сохранены как семенной фон в течение трех лет.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бессер А. А. Влияние подсочки на плодоношение. — «Лесное хозяйство», 1941, № 5. [2]. Данилов М. Д. Применение классификации деревьев в чистых сосновых древостоях с учетом их возрастной стадийности. — Сб. трудов ПЛТИ, № 48. Йошкар-Ола, 1951. [3]. Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. М., изд-во АН СССР, 1961. [4]. Кутузов П. К. Плодоношение и качество семян подсоченных сосен в

условиях Сибири. — Труды СибНИИЛХЭ, сб. 5, 1948. [5]. Парамонов Е. Г. Влияние нагрузки деревьев сосны каррами на семеношение. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 1. [6]. Парамонов Е. Г. Влияние подсочки на плодоношение сосны обыкновенной. — «Лесное хозяйство», 1971, № 5. [7]. Парамонов Е. Г. Семеношение деревьев сосны различных категорий по росту и развитию. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 4.

УДК 629.11.012.8

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ПОДВЕСКИ АВТОЛЕСОВОЗА

А. М. ЖИГАЛОВ, А. А. ЗЕЗЕГОВ

Архангельский лесотехнический институт

Дано описание конструкции датчиков для измерения относительных перемещений системы рама — колесо в подвеске автолесовоза и оборотов карданного вала. Датчик относительных перемещений реохордного типа позволяет записывать перемещения рамы относительно вилки колеса при ее колебаниях в вертикальной плоскости. Погрешность датчика 0,6%. Датчик оборотов контактного типа.

В подвеске отечественных автолесовозов в качестве упругих элементов используют витые цилиндрические пружины. Опыт эксплуатации автолесовозов свидетельствует о частых поломках пружин, что обусловлено повторяющимися динамическими нагрузками в подвеске при движении по неровным дорогам. Можно предположить, что повторяющиеся динамические нагрузки в подвеске вызывают усталостное разрушение пружин.

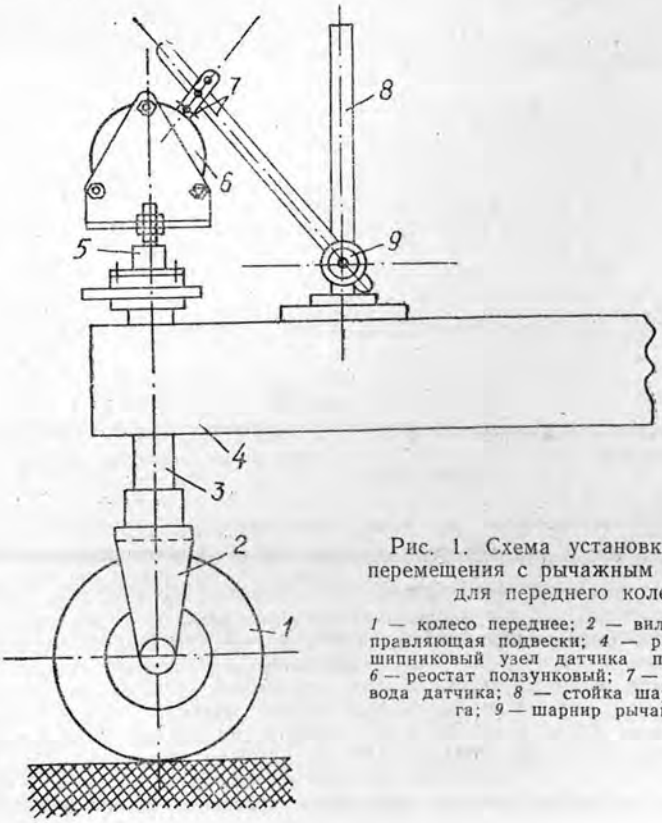


Рис. 1. Схема установки датчика перемещения с рычажным приводом для переднего колеса.

1 — колесо переднее; *2* — вилка; *3* — направляющая подвески; *4* — рама; *5*—подшипниковый узел датчика перемещения; *6* — реостат ползунковый; *7* — рычаги привода датчика; *8* — стойка шарнира рычага; *9* — шарнир рычага.

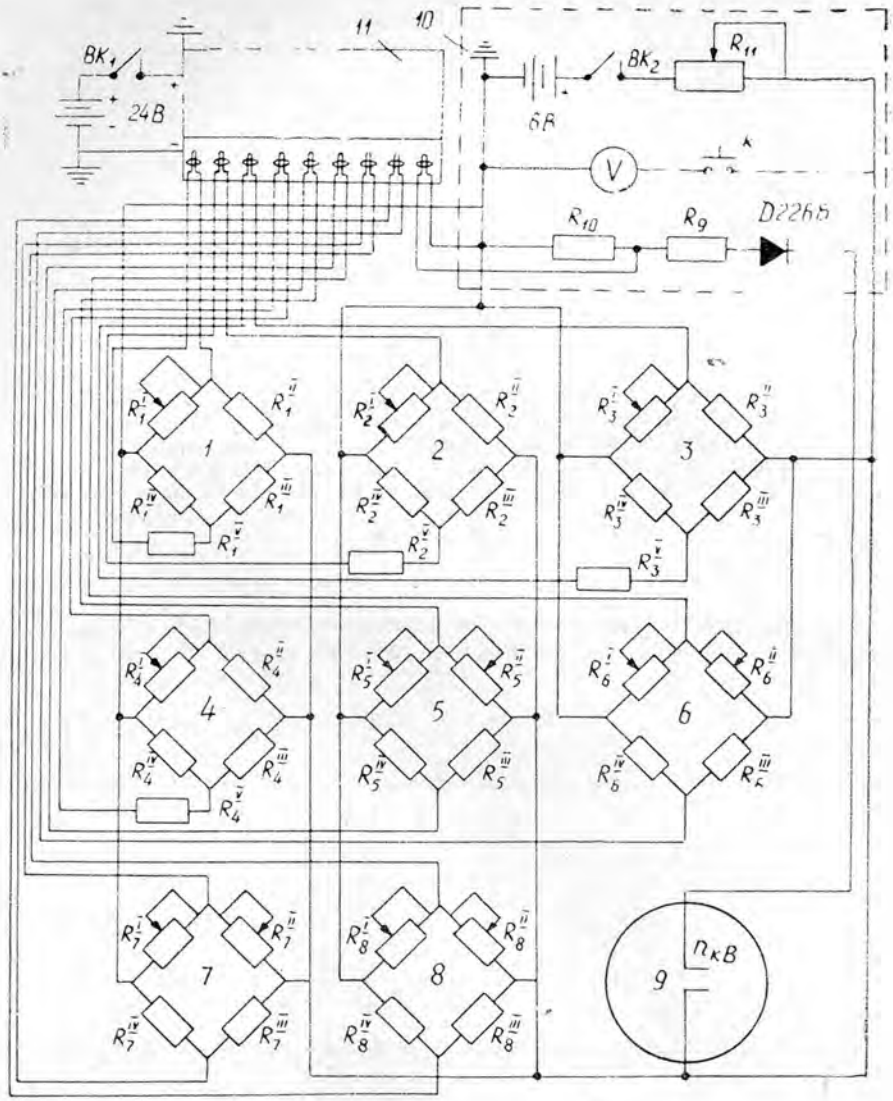


Рис. 2. Электроизмерительная схема.

1, 2, 3 и *4* — датчики перемещения; *5, 6, 7* и *8* — датчики ускорения; *9* — датчик числа оборотов полуосевого карданного вала; *10* — блок питания датчиков; *11* — осциллограф Н-700.

Исследованиями [2] установлено, что между деформациями упругих элементов в подвеске и напряжениями в них или между усилиями и напряжениями существует линейная связь. Это позволяет задачу исследования нагруженности подвески автолесовоза свести к определению относительных перемещений системы рама — колесо.

Кроме того, относительные вертикальные колебания рамы и колес при движении автолесовоза в реальных дорожных условиях могут служить основанием для оценки емкости подвесок, расчета пружин и других узлов автолесовоза.

Особенность конструкции автолесовозов по сравнению с обычными автомобилями заключается в том, что отношение базы к ширине колеи L/B может достигать единицы, подвеска всех колес независима, а коэффициент распределения подрессоренных масс ε изменяется в пределах от 0,65 до 1,4. При этом наряду с колебаниями в продольной плоскости возможны поперечные колебания. Все это вызывает необходимость замера относительных перемещений и ускорений рамы над подвеской

каждого колеса. Кроме того, неподрессорные массы каждой подвески совершают не только вертикальные колебания, но и вращаются относительно своей оси. С учетом этих особенностей конструкции автолесовоза и его подвески нами разработаны специальные датчики для замера относительных перемещений рамы и колес.

Схема установки одного из датчиков перемещения на автолесовозе и его конструкция показаны на рис. 1. Датчик состоит из ползункового реостата, рычагов привода, стойки с шарниром, подшипникового узла и крепежных деталей. Благодаря наличию подшипникового узла датчик с реостатом совершают только вертикальные перемещения.

Электроизмерительная схема для записи относительных перемещений и ускорений подрессоренной массы в точках подвеса, а также оборотов полуосевого карданного вала приведена на рис. 2. Схемы измерительных мостов *1—4* содержат переменные сопротивления в виде реохорд R_1^{I}, R_2^{I}, R_3^{I} и R_4^{I}. В качестве противоположных плеч измерительных мостов служат резисторы типа ВС сопротивлением 80 Ом. Равновесие мостов определяется положением подвижных контактов реохорд.

При перемещениях ползунков датчиков перемещений вследствие деформации подвесок сопротивления R_1^{I}, R_2^{I}, R_3^{I} и R_4^{I} реохордных датчиков изменяются, что вызывает изменение тока в измерительных диагоналях, связанных с гальванометрами Н-700.

Измерение ускорений подрессоренной массы в точках подвеса выполняется акселерометрами типа МП-66, которые показаны на схеме в виде измерительных мостов *5—8*.

В качестве измерителя пути, пройденного автолесовозом, используется датчик числа оборотов, установленный на полуосевом карданном валу. Время прохождения опыта регистрируется отметчиком времени осциллографа Н-700 с интервалом 0,1 с.

Все датчики питаются через регулировочный реостат R_{11} от аккумуляторной батареи 3-СТ-70 напряжением 6 В. Осциллограф питается от двух аккумуляторных батарей 6-СТ-128 напряжением 12 В каждая.

На рис. 3 приведен тарировочный график датчиков относительных перемещений переднего и заднего колес, из которого видно, что между перемещениями основания датчика y и луча шлейфа осциллографа x существует линейная зависимость. Диапазон перемещений датчика — 234 мм, его чувствительность для передней стойки — 0,58 мА/мм и для задней стойки — 0,51 мА/мм.

Точность датчика оценивается приведенной погрешностью $\gamma_п$, под которой понимают отношение абсолютной погрешности датчика Δx к пределу измерения $x_п$ [1].

$$\gamma_п = \frac{\Delta x}{x_п}.$$

Приведенная погрешность измерения состоит из суммы приведенных погрешностей перемещения опоры датчика $\gamma_п'$ и перемещения луча шлейфа осциллографа $\gamma_п''$

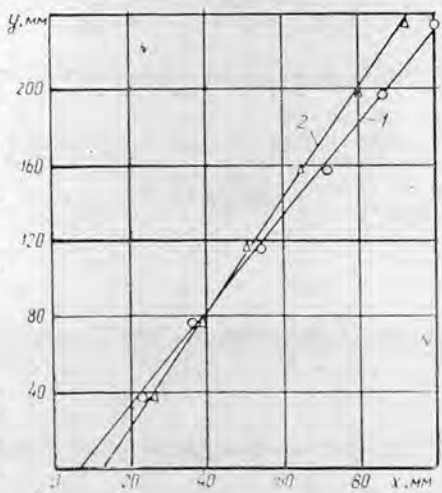


Рис. 3. Тарировочный график.
1 — задняя опора; *2* — передняя опора.

$$\gamma_п' = \frac{\pm 0{,}01 \cdot 6}{234} \cdot 100 = 0{,}026\,\%,$$

где 0,01 — абсолютная погрешность оценки штангенциркуля, которым измерялись подставки под перемещаемую опору при тарировке, мм;
6 — число подставок;
234 — предел перемещения опоры, мм.

$$\gamma_п'' = \frac{\pm 0{,}5}{80} \cdot 100 = 0{,}61\,\%,$$

где 0,5 — абсолютная погрешность при визуальном наблюдении по шкале осциллографа, мм;

80 — максимальное отклонение луча шлейфа, соответствующее максимальному перемещению опоры, мм.

$$\gamma_п = \gamma'_п + \gamma''_п = 0{,}026 + 0{,}61 = 0{,}636\%.$$

Для технических измерений такая погрешность вполне допустима.

Датчик данной конструкции можно использовать для измерения как относительных перемещений, так и углов поворота.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Туричин А. М. Электрические измерения. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.
[2]. Яценко Н. Н. Колебания, прочность и формирование испытания грузовых автомобилей. М., «Машиностроение», 1972.

УДК 634.0.812 : 674.031.22

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ БОРОДАТОЙ (*Alnus barbata* C. A. M.)

А. Ф. ГОРБЕНКО, Т. К. КУРЬЯНОВА

Воронежский лесотехнический институт

Приведены данные характеристики модельных деревьев на пробной площади, а также сводная таблица основных физико-механических свойств древесины, полученных в результате исследований. По некоторым показателям приводятся данные для древесины ольхи черной.

Ольха бородатая в горных условиях юга страны произрастает вдоль берегов рек на высоте 30—2000 м над уровнем моря. Для выбора характерного ольхового участка рекомендовано Кепшинское лесничество Адлерского лесокомбината, где запасы ольхи составляют около 6% от лесопокрытой площади или 3,3% от лиственных и 39% от лиственных мягких древесных пород. Заложена пробная площадь в 0,5 га. Состав насаждения 10 Ол+Орех.

Характеристика модельных деревьев (возраст во всех случаях 35 лет) приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ модельных деревьев	Диаметр ствола, см		Высота дерева, м	Расстояние, м,	
	на высоте груди	на половине высоты ствола		до первого мертвого сучка	до начала живой кроны
1	32	22	18,5	2,2	5,7
2	30	20	18,0	3,4	6,5
3	34	26	21,0	9,0	10,0
4	26	20	19,0	6,0	8,0
5	28	18	17,0	4,9	7,3
6	30	22	20,0	5,5	8,5

Модельные деревья выбирали только здоровые, деловые. В связи с тем, что деревья имели низкоопущенные кроны, из каждого вырезали по два кряжа — на высоте груди и вниз от кроны. Обработку пробной площади и заготовку из модельных деревьев образцов для испытаний проводили по ГОСТам 11483—65 и 11484—65.

Образцы испытывали на влажность, плотность, влаго-водопоглощение, линейное разбухание, усушку и коэффициент усушки, сжатие вдоль волокон, статический изгиб-скалывание и статическую твердость.

Данные испытаний перечислены на 15%-ную влажность. Показатель достоверности взят 1,04, что соответствует вероятности получаемых результатов 0,700.

Показатели физико-механических свойств древесины сведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Среднее арифметическое M	Среднее квадратическое σ	Средняя ошибка m	Вариационный коэффициент v	Показатель точности p, %
Влагопоглощение, %	24,4	1,18	0,265	4,8	1,05
Водопоглощение, %	179,0	18,3	4,08	10,2	2,28
Разбухание					
в тангенциальном направлении, %	8,4	1,34	0,316	15,9	3,77
в радиальном направлении, %	3,99	0,696	0,165	17,4	4,10
Коэффициент разбухания					
тангенциальный	0,29	0,0422	0,00995	14,6	3,30
радиальный	0,13	0,015	0,00353	11,5	2,62
Усушка объемная, %	4,8	0,702	0,122	14,7	2,54
в тангенциальном направлении, %	2,48	0,493	0,0862	20,2	3,50
в радиальном направлении, %	1,66	0,266	0,046	16,0	2,78
Коэффициент усушки					
объемный	0,45	0,0535	0,0093	11,9	2,10
тангенциальный	0,27	0,12	0,0029	4,4	1,07
радиальный	0,12	0,0252	0,00438	5,7	0,97
Плотность, кг/м³	520	0,03325	0,0058	6,6	1,16
Статический изгиб, кгс/см²	662,0	38,8	9,4	6,1	1,45
Сжатие вдоль волокон, кгс/см²	397,0	36,8	7,21	9,3	1,88
Статическая твердость, кгс/см²					
торцевая	362,0	5,03	12,2	3,4	1,88
тангенциальная	265,0	3,8	9,4	14,4	3,48
радиальная	220,0	2,89	7,02	3,2	1,34
Скалывание, кгс/см²					
в тангенциальном направлении	70,0	4,06	1,015	5,7	1,45
в радиальном направлении	60,0	3,73	0,93	6,2	1,55

В литературе* имеются некоторые данные физико-механических свойств древесины ольхи черной: плотность 0,52 г/см³, сжатие вдоль волокон 365 кгс/см², статический изгиб 720 кгс/см², твердость торцевая 330 кгс/см², твердость боковая 260 кгс/см².

УДК 674.817-41

О СНИЖЕНИИ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ СУХОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА

А. А. ЛЕОНОВИЧ

Ленинградская лесотехническая академия

Сообщается об основных условиях снижения плотности ДВП при использовании в композиции ковра вспенивающихся полимеров. Процесс получения ДВП совмещен с их огнезащитой.

Перспективное направление модификации свойств ДВП [5] — разработка утолщенных плит средней плотности. По нашему способу [2], требуемое условие образования плиты — силовое поле для взаимодиффузии структур контактирующих волокон — обеспечивается внутренним давлением вспенивающихся при нагревании гранул, равномерно распределенных в волокнистом ковре. Композицию следует под-

* Руководящие технические материалы Комитета стандартов мер и измерительных приборов. «Древесина». Показатели физико-механических свойств. М., Стандартгиз, 1962.

бирать так, чтобы температурные характеристики составляющих возрастали в следующей последовательности: разложение газообразователя; размягчение полимера, содержащего газообразователь; размягчение компонентов древесного волокна; плавление полимера (для термопластов). При совпадении значений температуры размягчения полимера и древесного комплекса давление вспенивающегося полимера приводит к повышению площади контакта волокон друг с другом. Если же полимер плавится до начала или в процессе размягчения древесного комплекса, то происходит спекание гранул с древесными частицами и даже при дополнительном введении 10% связующегося и плотности 600 кгс/м³ прочность при изгибе находится в пределах 35—45 кгс/см² [3].

В настоящей работе использовали полистирол вспенивающийся самозатухающий марки ПСБ-С по МРТУ 6-05-1019—66. Температурные переходы установленные для полистирола [4], лежат в пределах 90—100°С (стеклование) и 170—215°С (текучесть). Требуется, чтобы размягчение древесного волокна происходило при температуре ниже 170—215°С. По нашим данным [1],соответствующая температура для дефибраторного волокна древесины сосны и березы составляет 220—230°С. Поэтому брали березовое дефибраторное волокно, модифицированное огнезащитным составом на основе ортофосфорной кислоты и органических оснований. Температура размягчения составляет 160°С.

Подвспененный полистирольный бисер перемешивали с модифицированным волокном в процессе формирования ковра. Заданную плотность выдерживали весовым дозированием и последующей запрессовкой ковра в прессе с ограничительными рамками, обеспечивающими герметичность. Температура прессования 165—170°С. Последующую термообработку проводили в камере с циркулирующим воздухом.

Таблица 1

Содержание полистирольного бисера, %	Продолжительность прессования, мин	Прочность при изгибе, кгс/см²		Набухание за 24 ч, %	
		при длительности термообработки, мин			
		120	240	120	240
20	8	103	96	15,0	12,3
	12	117	153	11.7	9,6
40	8	125	152	4,1	5,3
	12	105	120	6.9	4,6

В табл. 1 приведены результаты трехфакторного эксперимента, выполненного по полному ортогональному плану, который позволил оценить влияние изучаемых факторов на прочность и набухание плит плотностью 530±20 кг/м³, термообработанных при 150°С, толщина плит 8,6 мм. Полученное уравнение регрессии показало, что повышение расхода бисера приводит к снижению прочности плит. Это вызвано соприкасанием гранул, а следовательно, появлением слабых мест в сечении плиты. С увеличением времени прессования качество плит возрастает, поскольку избыточное давление вспенивающегося бисера уравновешивается образующимися в процессе прессования связями в структуре плиты. Вместе с тем излишнее внутреннее давление, обусловленное повышенным расходом бисера, отрицательно влияет на прочность и водостойкость плит при удлиненном температурном режиме.

Таблица 2

Размер вспененных гранул, мм	Температура термообработки, °С	Прочность при изгибе, кгс/см²	Модуль упругости ×10³, кгс/см²	Набухание, %
Менее 1	150	113	241	14,6
	170	135	234	10,9
1—5	150	94	122	15,4
	170	104	138	12,7
Без вспенивания	150	112	172	16,4
	170	199	152	12,3

При расходе бисера менее 5% эффект упрочнения отсутствует, плита является брикетом. Технико-экономический расчет показал, что стандартные показатели свойств плит плотностью 500—550 кг/м3 достигаются при содержании бисера в ком-

позиции порядка 10% (табл. 2). На показатели плит влияют также степень вспенивания бисера, размер гранул, параметры термообработки.

Таким образом, нами получены плиты пониженной плотности, отвечающие по приведенным показателям требованиям ГОСТа 4598—74 на древесноволокнистые полутвердые плиты марки ПТ-100, плотность которых не должна превышать 800 кг/м³. Снижение массы в единице продукции обусловливает технический и экономический эффекты. Кроме того, плиты характеризуются пониженной пожароопасностью: при испытании в огневой трубе потеря массы составляет 14—17% (при допустимой не более 20%).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Леонович А. А. Изучение свойств дефибраторного волокна при нагревании. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 2, с. 143—147. [2]. Леонович А. А. Способ производства древесноволокнистых плит. Положительное решение от 24 мая 1974 г. по авторской заявке 1964891/29—33. [3]. Мартинович Ф. С., Вахранев Г. С. Легкие плиты из мелких отходов древесины и пенополистирола. — В сб.: Механическая технология древесины, вып. 3. Минск, 1973, с. 64—69. [4]. Переходы и релаксационные явления в полимерах. Под ред. Р. Байера. М., «Мир», 1968, с. 14, 309, 313. [5] Хасдан С. М. Состояние и основные направления развития деревообрабатывающих производств. М., 1973, с. 129.

УДК 547.992.3

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТОКСИЛЬНЫХ ГРУПП В ПРЕПАРАТАХ ЛИГНИНА

Е. Д. ГЕЛЬФАНД, Л. Ф. ТУШИНА

Архангельский лесотехнический институт

Предложено использовать в качестве реакционной среды при определении метоксильных групп в лигнине смесь йодида калия и ортофосфорной кислоты.

Содержание метоксильных групп — один из критериев принадлежности препарата к лигнинным веществам — обычно определяют по количеству йодистого метила, выделяющегося при деметилировании навески лигнина по известному методу Цейзеля в модификации Фибека и Шваппаха [2]. Недостаток этого метода в том, что для анализов необходимо применять крепкую йодистоводородную кислоту, которую нужно систематически готовить, так как она неустойчива при хранении.

С целью исключения йодистоводородной кислоты из прописи определения метоксильных групп и сокращения длительности анализа в два раза, в учебном студенческом практикуме на кафедре химии древесины, целлюлозы и гидролизного производства АЛТИ применяют модифицированную методику, где в качестве деметилирующего агента используют смесь 1 г йодида калия и 2 мл концентрированной ортофосфорной кислоты [1]. Продолжительность деметилирования составляет 30 мин.

Таблица 1

Вещество	Содержание метоксилов, %					
	по стандартной методике [1]	рассчитанное теоретически	по модифицированной методике			
			I определение	II определение	III определение	среднее
Сульфатный лигнин	12,6	—	12,76	12,67	12,66	12,71
Деметилированный гидролизный лигнин	3,62	—	3,69	3,70	3,66	3,68
Гваякол	—	24,97	24,87	25,43	25,01	25,10
3,4-диметоксикоричная кислота	—	29,80	29,35	30,08	29,65	29,69

что вполне приемлемо. Все остальные условия в точности соответствуют стандартной прописи [2]. Одну и ту же реакционную смесь без ущерба для точности определения можно использовать не менее трех раз.

В табл. 1 приведены данные анализа двух образцов лигнина и двух модельных веществ по модифицированной методике.

Из приведенных данных следует, что точность модифицированной методики по модельным соединениям составляет 99,62—100,52%, абсолютное расхождение со стандартной методикой от +0,06 до +0,11%.

Многолетний опыт применения данной модификации в лабораторном практикуме подтвердил ее преимущества, и она рекомендуется для использования.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Климова В. А., Забродина К. С. — ЖАХ, 1963, 18, 109. [2] Оболенская А. В. и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы (под ред. В. М. Никитина). М., «Лесная промышленность», 1965, с. 161.

УДК 634.0.812

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Г. Ф. КОЗОРИЗ

Львовский лесотехнический институт

Статья посвящена разработке методики получения аналитических зависимостей для определения КПД и диапазона изменения производительности центробежных вентиляторов. Эти зависимости дают возможность применять для расчетов электронно-вычислительные машины.

Для выбора оптимальных типоразмеров и режимов работы центробежных вентиляторов пневмотранспортных систем с плавно регулируемой производительностью необходимо знать величину коэффициентов полезного действия η вентиляторов.

Построенная на основании экспериментальных данных (типовых характеристик) зависимость КПД от расхода воздуха Q при определенной скорости вращения n центробежных вентиляторов представляет собой кривую параболического вида, которую можно аппроксимировать уравнением

$$\eta = a_1 Q_0^2 + b_1 Q_0 + c_1, \tag{1}$$

где Q_0 — производительность вентилятора;

a_1, b_1, c_1 — коэффициенты уравнения.

Подставив в уравнение (1) вместо Q_0 его значение из известной зависимости

$$\frac{Q_0}{Q} = \frac{n_0}{n} \tag{2}$$

и обозначив

$$a_1 n_0^2 = A_1; \quad b_1 n_0 = B_1,$$

окончательно получим

$$Q = \frac{-B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4A_1(C_1 - \eta)}}{2\dfrac{A_1}{n}}. \tag{3}$$

На основании уравнения (3) можно определить оптимальную допустимую глубину регулирования центробежного вентилятора, то есть максимальную Q_{max} и минимальную Q_{min} производительность в пределах определенного КПД. Подставив в выражение (3) $\eta = \eta_{max}$, а вместо $n = n_{min}$ (n_{max}), получим

$$Q_{\substack{min\\max}} = \frac{-B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4A_1(C_1 - \eta_{max})}}{2\dfrac{A_1}{n_{\substack{min\\max}}}}. \tag{4}$$

ли в уравнение (4) вместо η_{max} подставить $0{,}9\,\eta_{max}$, то

$$\left[Q_{\substack{min\\max}}\right] = \frac{-B_1 + \sqrt{B_1^2 - 4A_1(C_1 - 0{,}9\eta_{max})}}{2\dfrac{A_1}{n_{\substack{min\\max}}}}. \tag{5}$$

ешив уравнения (1) и (2) относительно n, получим

$$n = Q\,\frac{-B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4(C_1 - \eta)A}}{2(C_1 - \eta)}. \tag{6}$$

Уравнения (1), (2), (3), (6) в общем виде устанавливают зависимость между η, производительностью и скоростью вращения центробежных вентиляторов. Про- м справедливость этих уравнений на примере некоторых вентиляторов.

Применяя метод наименьших квадратов, определим коэффициенты a_1, b_1 и c_1 урав- ия (1) при скорости вращения вентиляторов $n_0 = 1000$ об/мин. Производитель- ть и коэффициент полезного действия принимают по типовым (эксперименталь-) характеристикам. Результаты расчетов, произведенных на электронно-вычисли- ьной машине «Промінь», приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип вентилятора	Коэффициенты				
	a_1	b_1	c_1	$A_1 \cdot 10^6$	$B_1 \cdot 10^3$
Ц13-50 № 4	—0,012	0,123	0,259	—0,012	0,123
ЦП7-40 № 6	—0,024	0,181	0,228	—0,024	0,181
Ц4-70 № 7	—0,0046	0,101	0,222	—0,0046	0,101

Используя значения коэффициентов из табл. 1, получим

ля вентилятора Ц13-50 № 4

$$\eta = -0{,}012\,\frac{Q^2}{n^2}\cdot 10^6 + 0{,}123\cdot 10^3\,\frac{Q}{n} + 0{,}259; \tag{7}$$

для вентилятора ЦП7-40 № 6

$$\eta = -0{,}024\cdot 10^6\,\frac{Q^2}{n^2} + 0{,}181\cdot 10^3\,\frac{Q}{n} + 0{,}228; \tag{8}$$

для вентилятора Ц4-70 № 7

$$\eta = -0{,}0046\cdot 10^6\,\frac{Q^2}{n^2} + 0{,}101\cdot 10^3\,\frac{Q}{n} + 0{,}222. \tag{9}$$

Результаты расчетов по уравнениям (7)—(9) для различных режимов работы вентиляторов приведены на рис. 1, *а, б, в*. Как видно из графиков, расчетные кривые хорошо совпадают с типовыми. Относительные отклонения величин КПД, полученных по уравнениям (7)—(9), от соответствующих величин, найденных экспериментальным путем, не превышают 2%, что согласно ГОСТу 14004—64, допустимо.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1975

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091

К 50-летию ФАКУЛЬТЕТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСИНЫ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИИ ИМ. С. М. КИРОВА

В октябре 1975 г. факультет механической технологии древесины Ленинградской лесотехнической академии отмечает 50-летие со дня основания.

В 1925 г. в Лесном институте был открыт лесотехнологический факультет, от которого и ведет свое начало нынешний факультет механической технологии древесины. Первым деканом факультета был проф. Н. Н. Павловский — впоследствии академик.

В настоящее время в состав факультета входят следующие кафедры: 1) механической технологии древесины и древесных материалов; 2) лесопильного производства и гидротермической обработки древесины; 3) деревообрабатывающих станков и инструментов; 4) автоматизации; 5) электротехники; 6) теории механизмов и машин; 7) деталей машин и внутризаводского транспорта; 8) охраны труда и техники безопасности.

Кафедры возглавляют в большинстве своем профессора, доктора наук, имена которых известны как у нас в стране, так и за рубежом. Учебная работа включает в себя лекции на современном научно-техническом уровне, практические занятия и лабораторные работы, дипломное и курсовое проектирование. Студентов широко привлекают к научной работе.

Студенты выполняют дипломное проектирование по лесопилению, мебельному и фанерному производствам, производству древесностружечных плит и деревянных музыкальных инструментов, модернизации станков и инструментов по ремонту и монтажу оборудования и по автоматизации технологических процессов деревообработки.

Ученые факультета создали ряд учебников: В. Н. Михайлов — по столярно-механическим производствам; проф. Е. Г. Кротов — по фанерному производству; проф. А. Н. Песоцкий — по лесопильному производству; проф. А. Э. Грубе — по деревообрабатывающим инструментам; доц. С. Н. Шемякин — по внутризаводскому транспорту; проф. Г. Д. Власов, В. А. Куликов и С. В. Родионов — по технологии деревообрабатывающих производств. Некоторые учебники и монографии переведены и изданы в ГДР, Польше, Чехословакии, Румынии, Китае.

Ряду профессоров факультета присвоены почетные звания за рубежом. Так, А. Э. Грубе (ныне покойный) был почетным доктором Варшавской сельскохозяйственной академии; А. Н. Песоцкий — почетный доктор в ГДР и Польше, почетный член ведущего немецкого журнала и неоднократный председатель международных научных конференций.

Научная работа кафедр факультета концентрируется в области рационального комплексного использования древесины, улучшенных технологических процессов, модифицированных древесных материалов, модернизации оборудования и инструмента, автоматизации технологических процессов, охраны труда, техники безопасности и борьбы с травматизмом. Следовательно, все кафедры факультета участвуют в решении имеющих народнохозяйственное значение проблем поднятия производительности труда и снижения себестоимости в лесопильной и деревообрабатывающей промышленности.

На факультете обучается около 30 аспирантов, ежегодно около 10 человек защищают кандидатские диссертации.

Под руководством проф. В. А. Куликова при факультете работает отраслевая научная лаборатория клееных деревянных конструкций. Созданы лаборатории станков и инструментов, фанерного производства, отделки древесины, гидротермической обработки, автоматики, пневматического транспорта, электротехники и др. Лаборатории и кабинеты оснащены современным оборудованием, аппаратами и приборами.

В период Великой Отечественной войны многие сотрудники и студенты факультета были на фронтах; пали смертью храбрых доктор техн. наук П. С. Селюгин, доц. В. Д. Кубанский, Н. В. Рощин. Другие сотрудники факультета, оставаясь в блокированном Ленинграде, самоотверженно работали на нужды фронта: вырабатывали различные оружейные детали, лекарственные препараты, спички и др. Значительная часть сотрудников и студентов факультета была эвакуирована в гг. Киров и Свердловск, где продолжались учебные занятия до марта 1945 г. Затем академия возобновила работу в Ленинградском стационаре.

За весь период 50-летней деятельности факультет по линии научной и общественной работы был тесно связан с производственными предприятиями, проектными и научно-исследовательскими организациями и министерствами, в ведении которых находились крупные деревообрабатывающие предприятия. Многие сотрудники факультета являются членами научно-технических советов министерств, предприятий и организаций, непосредственно участвуя таким образом в разработке новых достижений науки и техники.

Свое 50-летие факультет встречает с полной решимостью совершенствовать подготовку высококвалифицированных кадров, решать комплексные научные проблемы в области лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, поднимать на высшую ступень научно-методическую работу и с честью нести звание одного из ведущих факультетов старейшего в СССР лесотехнического высшего учебного заведения.

Ленинградская лесотехническая академия.

А. Н. Песоцкий.

ЮБИЛЕИ

СЛАВНЫЙ ЮБИЛЕЙ профессора Н. А. КОНОВАЛОВА

25 ноября 1975 г. исполняется 80 лет со дня рождения и 52 года научной деятельности профессора, доктора биологических наук, заведующего кафедрой лесоводства Уральского лесотехнического института Нила Алексеевича Коновалова.

Уроженец г. Осташкова Калининской области, он с 1918 г. начал трудовую деятельность. В 1925 г. Нил Алексеевич окончил Ленинградский лесной институт (ныне Ленинградская лесотехническая академия), получив звание ученого лесовода. По окончании аспирантуры он до 1930 г. работал ассистентом в Лесном институте и одновременно в Ленинградском государственном университете. В 1930 г. Нил Алексеевич был избран на должность доцента, а в 1937 г. на заведование кафедрой дендрологии и географии растений Киевского лесного института.

В период Великой Отечественной войны Н. А. Коновалов работал заведующим кафедрой дендрологии в эвакуированных Воронежском и Брянском лесохозяйственных институтах.

В мае 1944 г. Нил Алексеевич возвратился в Киев, где участвовал в восстановлении Киевского лесохозяйственного института, а в августе 1944 г. был назначен профессором, заведующим кафедрой дендрологии.

С января 1946 г. Нил Алексеевич Коновалов работает в Свердловске, где заведует кафедрой ботаники в Уральском государственном университете и по совместительству в Уральском лесотехническом институте. В 1953 г. Нил Алексеевич перешел на постоянную работу в Уральский лесотехнический институт, где и в настоящее время является заведующим кафедрой лесоводства.

Свою научную работу Нил Алексеевич начал под руководством акад. В. И. Сукачева еще в 1923 г., будучи студентом Ленинградского лесного института. Он вел геоботанические исследования в различных районах нашей страны, посетив Крым, Прибайкалье и многие районы северной, средней и южной подзон европейской части СССР. Главные его работы посвящены изучению лесной растительности, в особенности лесной типологии, в области которой он является одним из наиболее видных специалистов нашей страны. Им написана большая монография о дубовых лесах, основанная на многих исследованиях казанских, орловских, московских, курских и других дубрав. За этот обширный труд, представляющий крупный вклад в нашу фитоценологическую и лесоведческую литературу, он был удостоен ученой степени доктора биологических наук. Список научных трудов Н. А. Коновалова насчитывает более 130 наименований. Это, главным образом, труды в области лесной типологии, лесной ботаники, лесоведения и селекции древесных пород. Под его руководством подготовлено свыше 40 кандидатов наук.

Н. А. Коновалов — член КПСС — ведет большую общественную работу, принимает активное участие в общественной жизни института и города по пропаганде биологических знаний. За плодотворную работу проф. Н. А. Коновалов награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалями.

Многочисленные ученики, научные работники сердечно поздравляют Нила Алексеевича со славным юбилеем и желают ему здоровья и сил для дальнейшей плодотворной деятельности.

Юбилейная комиссия.

Уральский лесотехнический институт.

ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

7 мая 1975 г. известному ученому, доктору технических наук, заслуженному деятелю науки и техники МАССР, профессору Валентину Ивановичу Мельникову исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности.

Валентин Иванович родился на Украине в г. Здолбунове в семье служащего железной дороги.

В 1933 г. В. И. Мельников поступил на лесоинженерный факультет Поволжского лесотехнического института (ныне МПИ) и в 1938 г. успешно закончил его. После окончания института его направляют в аспирантуру при Ленинградской лесотехнической академии, а в ноябре 1938 г. по решению Наркомлеса назначают главным инженером лесоперевалочной базы в г. Томске.

С 1941 г. Валентин Иванович работает в Поволжском лесотехническом институте ассистентом сначала на кафедре механизации лесоразработок, а затем на кафедре сухопутного транспорта леса. В сентябре 1941 г. он был призван в ряды РККА и до конца войны находился непосредственно на фронтах Великой Отечественной войны. За заслуги перед Родиной он был награжден орденом «Красной звезды» и медалями.

После демобилизации в октябре 1945 г. В. И. Мельников возвращается в родной институт. В 1951 г. он успешно защищает кандидатскую диссертацию, а в 1966 г. — докторскую. В 1967 г. ему присвоено звание профессора.

За время работы в Марийском политехническом институте Валентин Иванович вырос от рядового ассистента до заведующего кафедрой сначала сухопутного транспорта леса, а затем теоретической и строительной механики и проректора института по научной работе. За успешное руководство научной работой института он в 1962 и 1967 гг. отмечался благодарностями министра высшего и среднего специального образования РСФСР.

В. И. Мельников — высококвалифицированный и широкоэрудированный преподаватель советской высшей школы. На протяжении ряда лет он читал лекции по теоретической механике, сопротивлению материалов и сухопутному транспорту леса. Его лекции всегда отличались глубоким идейно-теоретическим содержанием, высокой педагогической культурой, доходчивостью и тесной связью излагаемого материала с последними научно-техническими достижениями.

В. И. Мельниковым написано около 100 научных работ, в том числе 5 учебников. Его многочисленные исследования, посвященные прикладным вопросам теоретической и строительной механики применительно к сухопутному транспорту леса, имеют большую популярность среди ученых и производственников, а имя В. И. Мельникова как одного из ведущих ученых в этой области широко известно.

Валентин Иванович избирался депутатом и членом президиума Верховного Совета МАССР, членом научно-технического Совета Волго-Вятского Совнархоза, членом ученых Советов ряда учебных и научно-исследовательских институтов. За долголетнюю и безупречную работу в институте он награжден почетной грамотой Президиума Верховного Совета МАССР и орденом «Знак почета». За заслуги в области науки и техники в 1969 г. ему присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники Марийской АССР.

Более 30 лет проработал В. И. Мельников в Марийском политехническом институте. В эти годы ярко проявился его талант педагога, вдумчивого исследователя и умелого организатора. Он воспитал многие сотни высококвалифицированных специалистов лесной промышленности, подготовил ряд кандидатов наук.

В 1971 г. В. И. Мельников перешел в ВНИПИЭИлеспром, где в настоящее время возглавляет отдел экономики транспорта. Но и сейчас он не порывает связи с нашим институтом. Мы, его коллеги, а также ученики и последователи, от всей души желаем юбиляру многих лет жизни, доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.

Г. С. Ощепков, М. Д. Данилов, П. П. Сулханов, Г. А. Безбородов, П. Н. Бутин, Л. В. Васильев, А. Д. Грязин, П. Г. Сергеев, В. П. Репняков, Г. М. Соколов, А. Д. Юричев, Г. З. Ильин.

Марийский политехнический институт.

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Уважаемый редактор!

В «Лесном журнале» № 1 за 1974 год опубликована статья М. Я. Зарубина, А. М. Кутневича «Механизм действия кислот на лигнин. Протонирование лигнина и его модельных соединений».

Считаем необходимым высказать свое мнение по поводу представленного материала и взглядов авторов.

Авторы, выдвинув предпосылку об образовании карбониевых ионов при действии кислот [1], [2], [3], в дальнейшем оперируют предположением как научно доказанным фактом.

Разберем подробнее экспериментальный материал, который имеется в распоряжении М. Я. Зарубина и А. М. Кутневича. В ранее опубликованных работах [2], [3] авторами представлены данные, которые показывают, что обработка модельных соединений структурного звена лигнина КСК (концентрированной H_2SO_4) приводит к возникновению ЭПЦ в растворе, сигнал от которых имеет сверхтонкую структуру, а в УФ и видимой области спектра появляются характерные полосы поглощения.

По нашему мнению, имеющийся в распоряжении авторов экспериментальный материал не позволяет делать таких однозначных выводов о существовании карбониевых ионов и приписывать им ЭПЦ при обработках модельных соединений структурного звена лигнина КСК. Во-первых, обработка фенолоспиртов КСК (если даже придерживаться мнения авторов), сопровождающаяся образованием карбкатионов — это процесс обратимый. Являясь сильными электрофилами, карбкатионы при изменении среды от КСК до щелочной подвергаются обратимому процессу, диспропорционируя с OH^- с образованием исходных фенолоспиртов.

Результаты показывают, что обработка модельных соединений КСК приводит к необратимым изменениям; α-гваяцилпропанол, ванилиновый спирт, изоэвгенол — соединения полярографически не активные по отношению к восстановлению на ртутном капельном электроде в щелочных растворах. Их обработка КСК приводит к образованию продуктов, которые при разбавлении в щелочи обладают полярографической активностью.

Полярограммы их щелочных растворов имеют четко выраженные две волны восстановления с потенциалом полуволн для изоэвгенола $E_{1/2}=-0{,}756$В, $E_{1/2}=-1{,}146$В, для ванилинового спирта $E_{1/2}=-0{,}876$В, $E_{1/2}=1{,}52$В, для α-гваяцилпропанола $E_{1/2}=-0{,}916$В, $E_{1/2}=-1{,}36$В (рис. 1). Появление полярографически активных групп, которые сохраняются и после щелочных обработок — явное свидетельство окислительно-восстановительных процессов. А наличие двух волн восстановления свидетельствует о том, что образование ЭАГ сопровождается минимум двухэлектронным переходом, который характерен для образования хинонметидов.

Необратимыми изменениями сопровождаются и изменения в хромофорном составе. На рис. 2 представлены УФ-спектры ванилинового спирта, изоэвгенола и кониферилового спирта после обработки КСК и последующего разведения в 1н. NaOH. Спектральные характеристики совершенно отличны от растворов необработанных модельных соединений. Во-вторых, обработка модельных соединений HF (инертной в окислительных процессах кислотой) не сопровождается изменением хромофорного состава продуктов при последующем их растворении в щелочи. После их обработки HF не появляются и полярографически активные группы, образование которых характерно после обработки КСК. В-третьих, добавки H_2O_2 в HF при обработке модельных соединений приводят к углублению окраски в видимой области спектра и к возникновению полярографически активных групп.

Авторы в своих опытах использовали кислородсодержащие кислоты. Известно, что КСК — один из сильнейших неорганических окислителей. При обработках органических соединений КСК окислительные процессы идут вплоть до выделения SO_2 (явное свидетельство окислительно-восстановительного характера превращений [4]).

Имеющиеся в распоряжении авторов результаты по наличию парамагнитных центров, СТС сигнала ЭПЦ и изменению УФ-спектров в видимой области вполне объяснимы с позиций окислительно-восстановительных процессов, которые могут приводить к семихиноидным и хинонметидным соединениям (о чем, в частности, свидетельствует и наличие двух полярографических волн для продуктов реакции).

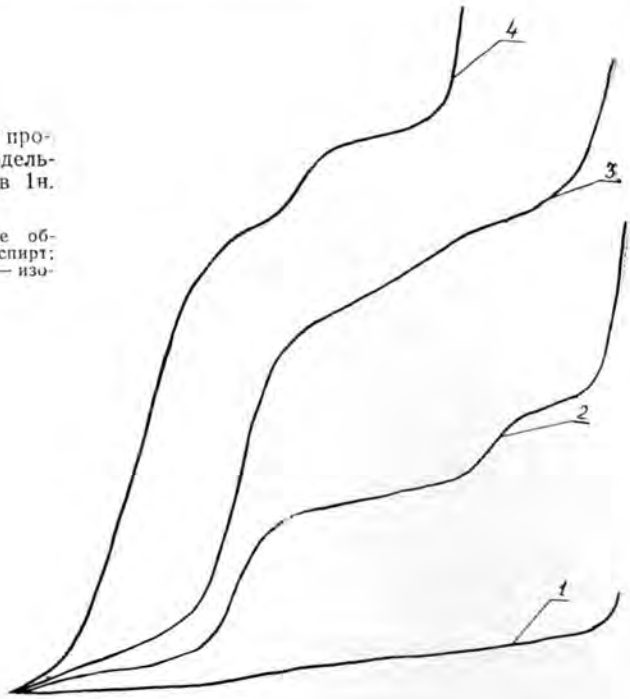


Рис. 1. Полярограммы продуктов после обработки модельных соединений КСК (в 1н. NaOH).

1 — ванилиновый спирт после обработки; *2* — ванилиновый спирт; *3* — α — гваяцилпропанол; *4* — изоэвгенол.

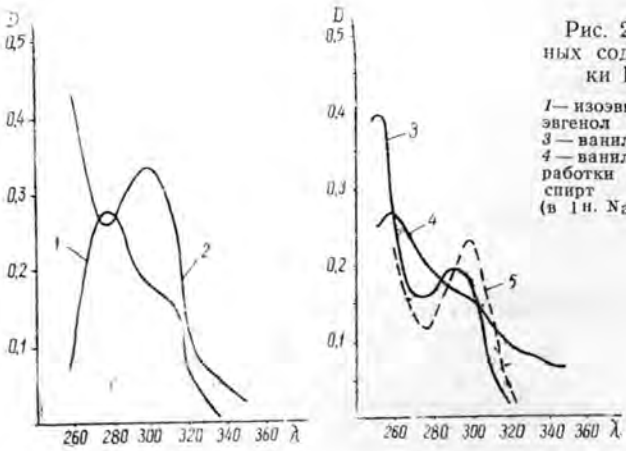


Рис. 2. УФ-спектры модельных соединений после обработки КСК (в 1н. NaOH)

1 — изоэвгенол исходный; *2* — изоэвгенол после обработки КСК; *3* — ванилиновый спирт исходный; *4* — ванилиновый спирт после обработки КСК; *5* — ванилиновый спирт после обработки НЕ (в 1н. NaOH).

Без совокупных анализов по электропроводности, измерений криоскопии, опытов по влиянию диэлектрической проницаемости на равновесность образующихся систем, детальному анализу продуктов превращения, выдвигаемое авторами предположение (в публикациях оно выражено как утверждение) несостоятельно.

Для ионов карбония характерна низкая термодинамическая устойчивость и повышение температуры, как правило, приводит к торможению ионных процессов, однако авторы полагают, что ими обнаружены КИ, устойчивые даже при 50°С. Этот вывод не подтвержден экспериментально.

Вызывает возражение утверждение авторов, что «методом разбавления при хорошем (?!) охлаждении удалось высадить карбониевые ионы в виде малинового хлопьевидного осадка...». Этот вывод не подтвержден никакими экспериментальными исследованиями осадка и противоречит химии КИ.

Если получен КИ в твердой фазе, то как авторы предполагают отразить ионное равновесие в такой системе?

Далее цитируем — стр. 101 — «Карбониевые ионы сохранялись в растворах протонных кислот длительное время» (метод доказательства отсутствует), «однако парамагнитные свойства исчезали при хранении на воздухе».

А несколько ранее на стр. 100 авторы указывают, что все растворы изученных карбониевых ионов имеют парамагнитные свойства.

Если КИ сохранялись, а парамагнетизм исчезал, следовательно не карбониевые ионы являются носителями ЭПЦ.

Далее на стр. 102 — «нагревание выше предельных температур приводило к различным вторичным реакциям, главным образом, к полимеризации. Эта реакция была прослежена нами в ряде случаев (?!) с помощью спектров ЭПР».

Полимеризацию можно проследить сопоставлением численных данных по кинетике изменения ЭПЦ и результатам изменения степени конверсии в полимер в сочетании с изменением ММ.

С помощью метода ЭПР можно зафиксировать лишь процессы возникновения и гибели ЭПЦ. Гибель ЭПЦ может быть обусловлена не только рекомбинацией, но и несколькими процессами диспропорционирования. Поэтому данные лишь по изменению ЭПЦ не могут служить доказательством полимеризации.

Решение проблемы воздействия кислот на лигнин и его модельные соединения — задача повышенной трудности и требует привлечения различных методов и подходов. Мы не отрицаем возможность ионных процессов при обработках лигнина кислотами.

Возражения вызывает методологический подход авторов, лишенный экспериментальных доказательств выдвигаемой предпосылки.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Зарубин М. Я. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1966, № 6, 130. [2]. Зарубин М. Я., Кутневич, А. М., Лукашенков А. П. — ЖОХ, 1973, № 9. [3]. Зарубин М. Я., Кутневич А. М. — В сб.: Химия и технология целлюлозы. Изд. ЛГУ, 1973. [4]. Исаакс Н. Практикум по физической органической химии. М., 1972.

Э. И. Чупка., В. М. Никитин.
Ленинградская лесотехническая академия.
М. И. Чудаков.
Ленинградский технологический институт ЦБП.

ОТВЕТ М. Я. ЗАРУБИНА НА ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Уважаемый редактор!

Э. И. Чупка, В. М. Никитин и М. И. Чудаков, приславшие Вам письмо в редакцию, видимо, не познакомились, к нашему сожалению, с новейшей литературой по вопросу протонирования органических соединений в сильных кислотах, в связи с чем все их рассуждения о «сложности и повышенной трудности решения проблемы воздействия кислот на лигнин и его модельные соединения» не могут носить серьезного характера и способствовать прогрессу в решении этого вопроса. Мы считаем, что нет необходимости отвечать построчно на письмо, полученное Вами, но на основных моментах мы остановимся. Авторы письма пишут, что мы, видвинув предпосылку об образовании карбониевых ионов при действии кислот, в дальнейшем оперируем предположением, как научно доказанным фактом. Однако, дело в том, что в данном случае речь идет не о предположении образования карбониевых ионов, а как раз о научно доказанном факте. Это основное возражение авторов письма отпадает, если они ознакомятся с работами Г. Ола [1], который занимается изучением действия кислот на различные классы органических соединений с помощью спектроскопии протонного магнитного резонанса (ПМР), дающей, как известно, наиболее строгие и вполне однозначные доказательства структур как исходных, так и промежуточных соединений.

Далее авторы письма утверждают, что процесс образования карбкатионов — это процесс обратимый и при изменении среды от кислой до щелочной последние должны регенерировать исходные соединения. Действительно, для ряда соединений, образующих устойчивые карбониевые ионы (например, трифенилметильный, третбутильный катионы) такой процесс является обратимым.

Однако нельзя же переносить свойства одних структур на другие. Как показывают данные наших исследований, а также данные других авторов, модельные соединения лигнина образуют в кислых растворах карбониевые ионы, которые, будучи лишь относительно устойчивыми, легче вступают в дальнейшие реакции (например, димеризация, полимеризация и т. д. [2]). Говоря об окислительно-восстановительных

процессах, идущих в конц. H_2SO_4, авторы письма утверждают, что последняя, как известно, один из сильнейших неорганических окислителей. Нам хотелось бы отметить, что нельзя относить окислительные свойства конц. H_2SO_4 ко всем органическим соединениям. Каждый раз необходимо говорить о конкретных структурах. Из целого ряда работ следует, что конц. H_2SO_4 часто вообще не проявляют окислительных свойств, а обусловлены последние растворенным в ней кислородом [3]. Особый интерес представляют также работы, показывающие, что в качестве окислителя могут выступать положительно заряженные органические структуры, образующиеся в кислых средах [4].

Таким образом, окислительно-восстановительные процессы, идущие в растворах модельных соединений лигнина, обусловлены скорее всего окислительной способностью образующихся карбониевых ионов, а не конц. H_2SO_4, тем более, что те же результаты получены нами в обескислороженной трифторуксусной кислоте, совершенно лишенной окислительных свойств.

В вопросе о природе парамагнитных свойств растворов модельных соединений лигнина в сильных кислотах мы достигли в настоящее время значительного прогресса и в связи с этим готовится статья, в которой будут представлены механизмы образования как карбониевых ионов, так и парамагнитных частиц — катион-радикалов, образующихся побочно.

Мы считаем, что возражения авторов письма вызваны большей частью тем, что некоторые литературные источники выпали из поля их зрения. Экспериментальный материал, представленный авторами письма, не несет в себе в таком виде никакой информации относительно механизма действия сильных кислот на модельные соединения лигнина.

Мы готовы с большим вниманием и интересом ознакомиться с различными мнениями по вопросу о вышеупомянутом механизме, однако носящими конкретный характер и основанными на серьезных как химических, так и физико-химических экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Bollinger J. M., Comisarov M. B., Cupas C. A., G. A. Olah. J. Am. Chem. Soc. 89, 5687, 1967; Olah G. A. Porter R. D. Kelly D. P. J. Am. Chem. Soc., 93, 464, 1971; Olah G. A., Mo Y. K. J. organ. Chem., 38, № 2, 353, 1973. [2]. Зарубин М. Я., Кутневич А. М. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1, 99; — ЖОХ, 10, 1974, 400; «Химия древесины», 1974, № 2, 1. [3]. Kimura K., Yamada H. Bull. Chem. Soc. Japan, 42, 3032, 1969; Билевич К. А., Охлобыстин О. Ю. — «Успехи химии», 37, вып. 12, 2170, 1968. [4]. Hait H., Fleming J. S., Dye I. H. J. Am, Chem. Soc. 86, 2079. 1964; Исаакс И. Практикум по физической органической химии. «Мир», М., 1972, 193.

М. Я. Зарубин.

Ленинградская лесотехническая академия.

От редакции. В связи с тем, что обе группы авторов, видимо, не располагают достаточными экспериментальными данными для тех категорических заключений, которые они делают, редакция «Лесного журнала» считает, что лучшим способом выяснения истины в данном случае была бы постановка этого вопроса на одном из научных семинаров в ЛТА с приглашением на него заинтересованных компетентных ученых.

СОДЕРЖАНИЕ

П. И. Войчаль. К вопросу о перспективах развития лесного хозяйства 3

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

И. И. Гусев. Типы возрастной структуры еловых древостоев Севера 5

С. В. Волков. Ход роста и изменение с возрастом товарности ветловых древостоев Астраханской области 11

О. И. Полубояринов, Г. М. Давидов. Плотность древесины и весовая продуктивность березовых насаждений Ленинградской области 14

П. Н. Львов, Л. Ф. Ипатов. Зональные черты лесов Европейского Севера . . . 19

В. М. Еремин. О различиях в анатомической структуре коры двух лиственниц 22

Т. С. Момот, А. А. Яценко-Хмелевский, А. М. Смирнов. Культура in vitro изолированных корней дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) 26

М. Е. Васильев. Расчет оптимальных параметров противодефляционных лесных полос в сухой степи 29

Ф. В. Пошарников. О функциональной зависимости усилий от угловых параметров анкерных пяточных и коробчатых сошников 36

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. В. Билык, Б. Т. Перетятко. К вопросу о выборе расчетной схемы пакета хлыстов при исследовании вертикальных колебаний трелевочных тракторов 40

А. В. Жуков. К вопросу о совершенствовании методики определения параметров вертикальных колебаний лесовозных автопоездов 46

П. Ф. Марченко. Определение суммарных радиальных реакций на колеса автовоза с учетом жесткости подвески и шин 53

Н. В. Матишшин. Исследование изменения натяжения несущих канатов канатных лесотранспортных установок в процессе эксплуатации 59

Р. Л. Коровкин, Е. С. Буряк. О динамическом воздействии автомобиля МАЗ-509 на колейное покрытие из железобетонных плит 62

Ю. И. Еремеев, А. Н. Кармадонов, А. Н. Киселев, Ю. И. Литовченко, А. В. Мозырин. Радиометрический гамма-дефектоскоп для обнаружения внутренних гнилей в хлыстах в технологическом потоке 68

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

М. С. Мовнин, Ю. И. Цой. Исследование природы клеевого соединения древесины 74

В. М. Хрулев, В. А. Забурунов, Г. М. Шутов. Испытание на старение клеевых соединений модифицированной древесины 77

Е. М. Боровиков, И. В. Мильченко. Перемещения и деформации рамных пил в пильной рамке 81

П. М. Мазуркин. Исследование усилий при продольном бесстружечном резании древесины 86

Ю. М. Иванов. Влияние влажности на длительную прочность древесины . . . 90

В. А. Шамаев, Л. В. Ельков, Н. И. Попова. Стабилизация древесины, модифицированной мочевиной 97

К. И. Демьяновский, Н. В. Шашкова. Влияние шероховатости передней грани резцов на ударную прочность режущих элементов 101

А. В. Минеев. Использование увеличенной зоны радиальности при распиловке лиственницы комбинированным развально-сегментным способом 104

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. В. Атрошко, В. М. Зайцев, В. Н. Пиялкин, А. К. Славянский. Расчет температурных критериев и определение температурного поля при пиролизе измельченной древесины 107

А. А. Вайсбурд, К. А. Малышевская, А. В. Финкельштейн, Н. И. Пильникова. Спектрофотометрическое изучение алкилирования Na-ксантогената целлюлозы диметилсульфатом 112

С. Д. Антоновский, М. М. Чочиева, Н. Д. Авакян, Л. П. Бичевая. Влияние избыточного гидравлического давления на выход и состав водорастворимых веществ, извлеченных из древесины лиственницы 116

М. Я. Шашкина, Г. П. Шергина. Окисление β-фелландрена гидроперекисью ацетила 121

Ю. Н. Непенин, В. Е. Ковалев, А. В. Бейгельман, В. Б. Некрасова, Н. А. Никифорова. Физико-химические свойства черных щелоков от сульфатной варки различных пород древесины лесосырьевой базы Тавдинского ЦБК 124

Г. Ф. Потуткин, Л. В. Ширяева. Изменение химических компонентов древесины при высокотемпературной сушке 127

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. Ф. Николаев. Оценка эффективности введения регистров памяти в автоматизированных системах с оператором 130

Р. Е. Калитеевский, В. В. Огурцов. О влиянии скорости продольно перемещаемых пиломатериалов на параметры силовой сортировки 134

В. Р. Фергин, А. К. Курицын. Об автоматизации управления точностью рамной распиловки 138

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Л. Н. Караваев, Н. В. Мурашкин. Роль платы за фонды в повышении эффективности лесозаготовительного производства 142

А. И. Шинкарук. Выбор оптимального варианта густоты культур по экономическому критерию 144

Г. П. Мусихин. К вопросу о загрузке железнодорожных вагонов различной лесопродукцией 148

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А. А. Божок. Селекционная характеристика соснового заказника «Грицеволя» . 152

Е. Г. Парамонов. Сохранность посевных качеств семян сосны в зависимости от длительности подсочки 153

А. М. Жигалов, А. А. Зезегов. Измерительная аппаратура для исследования колебаний подвески автолесовоза 157

А. Ф. Горбенко, Т. К. Курьянова. Физико-механические свойства древесины ольхи бородатой (*Alnus barbata* С. А. М.) 160

А. А. Леонович. О снижении плотности древесноволокнистых плит сухого способа производства 161

Е. Д. Гельфанд, Л. Ф. Тушина. Применение модифицированной методики для определения метоксильных групп в препаратах лигнина 163

Г. Ф. Козориз. Аналитическое определение коэффициентов полезного действия центробежных вентиляторов 164

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

А. Н. Песоцкий. К 50-летию факультета механической технологии древесины Ленинградской лесотехнической ордена Ленина академии им. С. М. Кирова 166

ЮБИЛЕИ

Юбилейная комиссия. Славный юбилей профессора Н. А. Коновалова 168

Г. С. Ощепков, М. Д. Данилов, П. П. Сулханов, Г. А. Безбородов, П. Н. Бутин, Л. В. Васильев, А. Д. Грязин, П. Г. Сергеев, В. П. Репняков, Г. М. Соколов, А. Д. Юричев, Г. З. Ильин. Поздравляем юбиляра! 169

Э. И. Чупка, В. М. Никитин, М. И. Чудаков. Письмо в редакцию 170

М. Я. Зарубин. Ответ на письмо в редакцию 172

CONTENT

P. I. Voitchal. To the question about the perspectives of the development of the silviculture 3

THE FORESTRY

I. I. Gusev. Age structure types of the northern spruce forests 5

S. V. Volkov. Growing process and age changes of marketability of willow stocks in Astrakhan region 11

O. I. Poluboyarinov, G. M. Davidov. Density of wood and yield of birch stands in Leningrad region 14

P. N. Lvov, L. F. Ipatov. Zonal traits of European north's forests 19

V. M. Eremin. On the differences in the anatomic bark structure of two larches 22

T. S. Momot, A. A. Yatsenko-Khmelevsky, A. M. Smirnov. The culture in vitro of the excised roots of *Quercus robur L.* 26

M. E. Vasiliev. Calculation of optimal parametres of antideflation shelter belts in dry steppes 29

F. V. Posharnikov. To the question of functional dependence of forces upon angle parametres of hoe heel and box openers 36

THE FOREST EXPLOATATION

B. V. Biblyuk, B. T. Peretyatko. To the duestion about a choice of rated scheme package of long-tailed timber when investigating vertical vibrations of long-tractors 40

A. V. Zhukov. Some concepts concerning the methods of determining vertical fluctuation parametres of log-carrying trailer trains 46

P. F. Martchenko. The definition of summary radial reactions on the wheels of a carrier with regard for hardness of spring and tire 53

N. V. Matiishin. The investigation of the tension change of the conveying ropes in the ropeway timber transporting mechanisms while operating 59

R. L. Korovkin, E. S. Burjak. On „MAZ-509" truck dinamic influence upon the rutted cover of reinforced-contrete slabs 62

Ju. I. Eremeev, A. N. Karmadonov, A. N. Kisilev, Ju. I. Litovchenko, A. V. Mozyrin. Radiometric γ-defectoscope for interior rot detection in whips in technological flow 68

MECHANICAL TECHNOLOGY AND WOODSCIENCE

M. S. Movnin, Ju. J. Tsoy. Wood glue joining nature research 74

V. M. Khrulev, V. A. Zaburunov, G. M. Shutov. The age-growing tests of modified timber glue-joints 77

E. M. Borovikov, I. V. Milichenko. Displacements and deformation of frame saws in a saw frame 81

P. M. Mazurkin. The investigation of effors by longitudinal cutting of wood without shavings 8

Ju. M. Ivanov. Effect of moisture on the long-term strength of wood 90

V. A. Shamaev, L. V. Elkov, N. I. Popova. Stabilisation of wood, modified by the urea 97

K. J. Demyanovsky, N. V. Shashkova. The influence of roughness of cutter's front edge upon the impact strength of cutting elements 101

A. V. Mineev. The enlargement of radial zone when sawing larch by the compound straight-segment method 104

CHEMICAL WOODWORKING

V. V. Atroshko, V. M. Zaitsev, V. N. Plyalkin, A. K. Slavyansky. The calculation of temperature criteria and the determination of temperature zones during the pyrolysis of crushed wood 107

A. A. Valsburd, K. A. Malyshevskaya, A. V. Finkelshtein, N. I. Pilnikov. The spectrophotometric study of cellulose Na-xanthate alkylation with dimethylsulphate 112

S. D. Antonovsky, M. M. Tchotchieva, N. D. Avakyan, L. P. Bitchevaya. Excessive hydraulic pressure effecting the yield and composition of water soluble substances extracted from larch wood 116

M. Ja. Shashkina, G. P. Shergina. Oxydation of β-phellandrene with peracetic acid 121

Ju. N. Nepenin, V. E. Kovalev, A. V. Beigelman, V. B. Nekrasova, N. A. Nikiphorov. Physico-chemical properties of sulphate liquor produced by sulphate pulping of various species grown in the Tavdinsk pulp and paper mill fotest areas 124

G. F. Potutkin, L. V. Shiryaeva. Changes of chemical components of wood at high-temperature drying 127

COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

A. F. Nikolaev. Valuation of introduction efficiency of memory registers in automized systems with operator 130

P. E. Katyleevsky, V. V. Ogurtsov. On the influence of the speed of lumber transfered longitudinally upon the parametres of stress-grading 134

V. P. Fergin, A. K. Kuritsin. On automation of control of the precision of sawing 138

ECONOMIC AND ORGANISATION OF THE PRODUCTION

L. N. Karavaev, N. V. Murashkin. Fixed assest charge and logging production efficiency growth 142

A. I. Shinkaruk. The choice of optimum variant of species density based on economical criterion 144

G. P. Mustkhin. On loading timber into freight cars 148

SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

A. A. Bozhok. Plant-breeding description of „the Gritsevolya" pine preserves 152

E. G. Paramonov. The dependence of seeds cultivation quality on boxing duration period 153

A. M. Zhigalov, A. A. Zizegov. Choice and motivation of T-140A timber autotruck's swinging system 157

A. F. Gorbenko, T. K. Kuryanova. Physical-mechanical properties of alder *(Alnus barbata)* wood 160

A. A. Leonovitch. On lowerig the density of dry-formed hardboard 161

E. D. Gelfand, L. F. Tushina. The use of the modificated method for the analysis of the metoxyl groups in lignin 163

G. F. Kozoriz. Analytcial definition of effeciency of centrifugal 164

FROM THE VUS'S LIFE

A. N. Pesotsky. Fiftieth anniversary of the faculty of mechanical technology of wood of the Leningrad forest engineering order of Lenin Kirov academy 166

JUBILEES

Jubille commision. Professor N. A. Konovalov many happy returns! 168

G. S. Oshchepkov, M. D. Danilov, P. P. Sulkhanov, G. A. Bezborodov, P. N. Butin, L. V. Vasiliev, A. D. Gryazin, P. G. Sergeev, V. P. Repnyakov, G. M. Sokolov, A. D. Yuritchev, G. Z. Ilyin. Many happy returns! . . . 169

E. I. Tchupka, V. M. Nikitin, M. I. Tchudakov. A letter to editorial office . . 170

M. Ja. Zarubin. The answer to the letter 172

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 *мм*. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *I* и *J*, ζ и ξ.

Для отличия от буквы О нуль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов имен, наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

К статье должны быть приложены краткий реферат и аннотация.

Редакция может возвращать авторам небрежно [illegible]нные статьи с требованием [illegible]изложении и более аккурат[illegible]ии.

[illegible]ет право производить со[illegible]дакционные изменения руко[illegible]тура статей авторам, как [illegible]доставляется.

[illegible]дают бесплатно 10 отти[illegible]ьи (за исключением публи[illegible] библиографии и хроники).

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

I «ПС», зак. 939

Цена 1 руб.

Подписывайтесь

на журнал на 1976 г.

«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ» МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

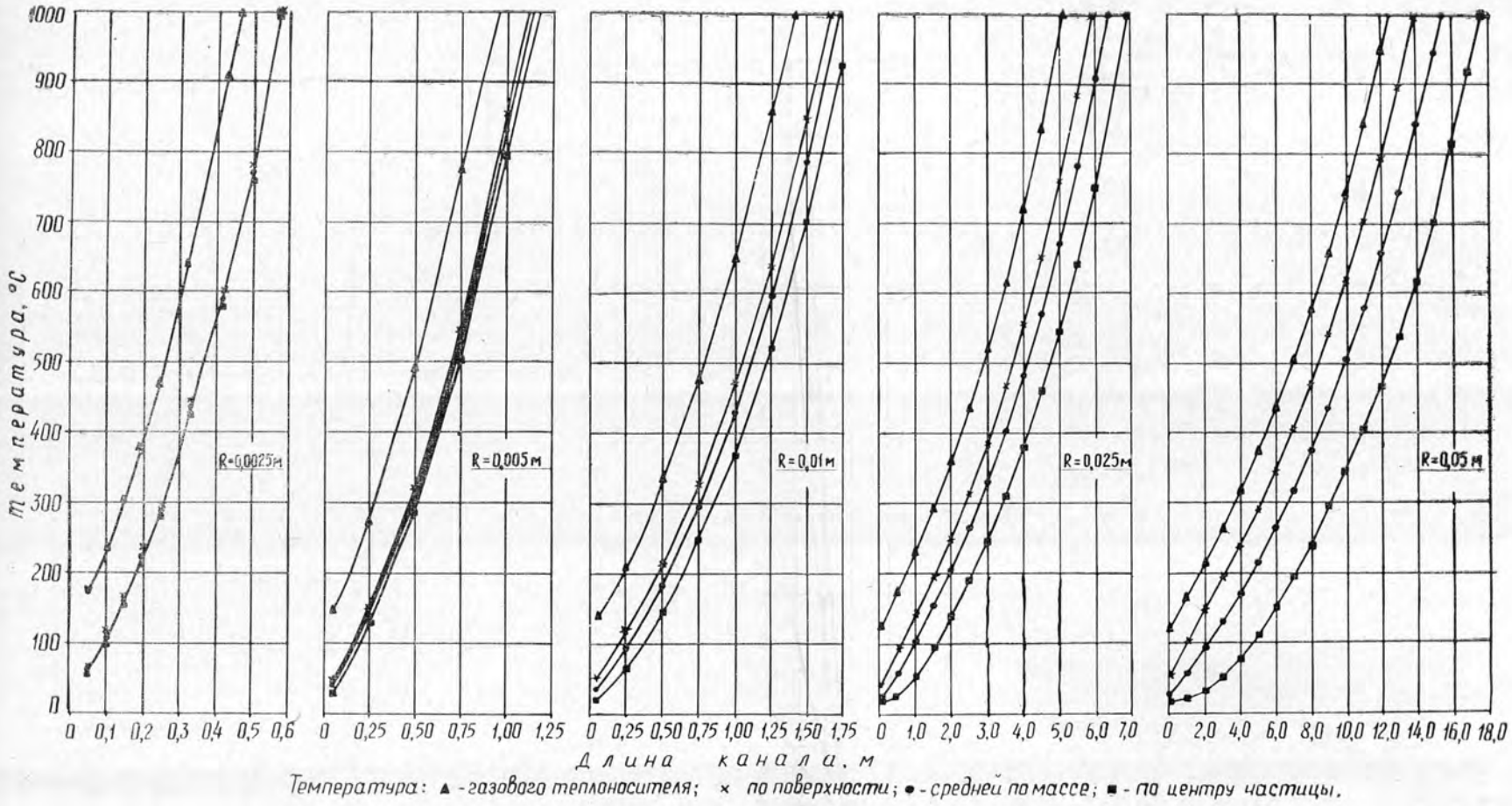


Рис. 1. Распределение температур теплоносителя, поверхности средней по массе и центра частиц по длине канала.

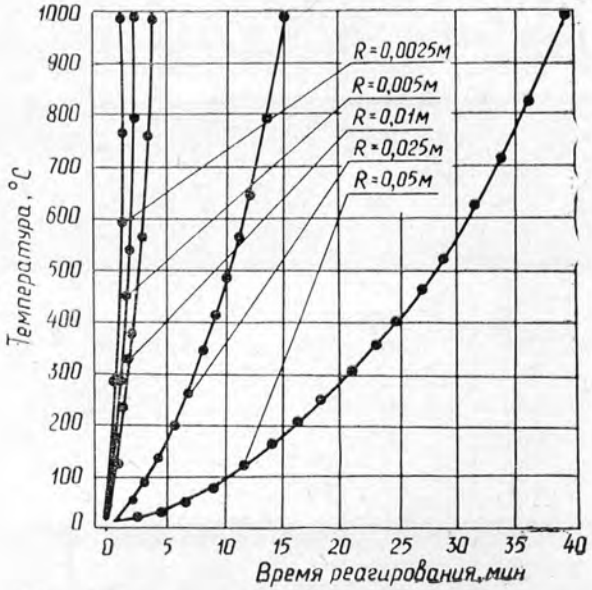


Рис. 2. Влияние размера частиц на температуру по центрам в зависимости от времени реагирования.

Рис. 3. Распределение температур по центру частиц для различных скоростей теплоносителя от времени реагирования.

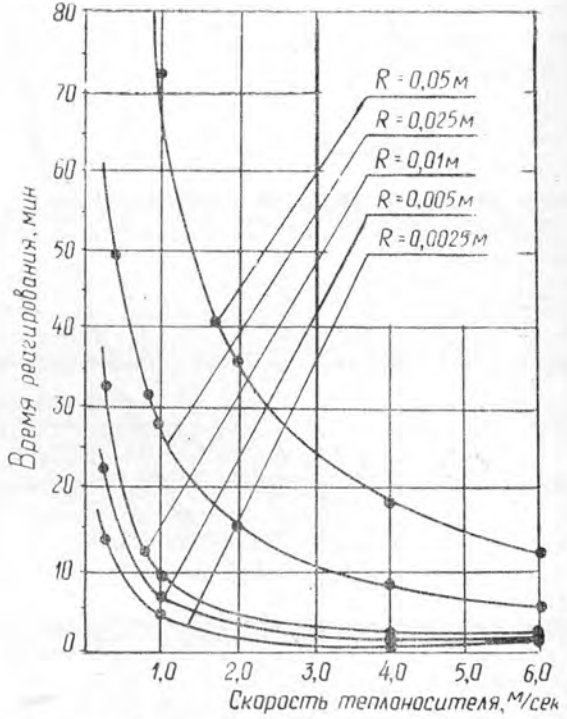


Рис. 4. Влияние скорости теплоносителя на время реагирования в зависимости от размеров частиц.

Таблица 1

№ варки	Порода древесины	Выход целлюлозы из древесины, % к абс. сухой древесине	Жесткость целлюлозы по Каппа	Физические характеристики черного щелока		Состав минеральной части сухого остатка черного сульфатного щелока, %						Состав органической части сухого остатка черного сульфатного щелока, %					Теплотворная способность сухого остатка черного щелока по определению в калориметрической бомбе, ккал/кг
				Плотность при 20°С, г/см³	Содержание сухого вещества, %	Зольность A^c	Количество минеральной части M^c	$NaOH_{своб}$	$NaOH_{орг}$	Na_2S	Na_2SO_4	$S^c_{общ}$	$S^c_{орг}$	C^c	H^c	$O^c_{орг}$	
							Хвойные породы										
1	Сосна 100%	42,5	29,0	1,078	15,90	42,80	33,56	1,06	22,90	3,24	2,13	2,68	1,42	40,22	4,17	20,63	3562
2	Кедр 100%	41,8	30,0	1,079	15,70	41,60	32,39	0,93	23,00	2,92	1,20	2,56	1,49	40,33	4,31	21,51	3739
3	Сосна 80% Кедр 20%	42,8	28,2	1,079	15,70	42,60	33,37	1,04	22,93	3,20	2,10	2,62	1,37	40,10	4,32	20,94	3562
4	Сосна 60% Кедр 40%	41,2	29,0	1,079	15,70	41,60	32,39	0,93	23,00	2,94	1,25	2,58	1,50	40,42	4,25	20,89	3620
5	Сосна 40% Кедр 60%	40,8	30,7	1,078	15,70	40,83	31,83	0,85	22,90	2,86	1,14	2,40	1,39	40,60	4,20	21,92	3624
6	Сосна 20% Кедр 80%	41,1	31,0	1,079	15,70	41,30	32,20	0,90	22,97	2,89	1,17	2,48	1,48	40,42	3,98	21,92	3650
9	Ель 100%	44,1	25,3	1,072	14,70	43,70	34,44	1,52	20,60	4,34	2,39	2,86	1,22	39,15	3,75	20,44	3517
8	Пихта 100%	42,9	33,9	1,075	15,80	42,90	33,56	1,06	22,90	3,24	2,20	2,79	1,52	40,10	4,20	20,42	3550
9	Сосна 50% Кедр 20% Ель 15% Пихта 15%	42,4	30,9	1,078	15,80	42,60	32,90	1,06	23,00	3,21	2,10	2,74	1,56	40,25	3,90	21,39	3570
10	Кедр 50% Сосна 20% Ель 15% Пихта 15%	41,5	31,0	1,079	15,70	41,60	32,39	0,92	22,92	2,90	2,10	2,56	1,42	40,35	4,25	21,62	3631
11	Сосна 25% Кедр 25% Ель 25% Пихта 25%	42,1	30,7	1,077	15,70	42,60	32,90	1,10	22,90	3,12	1,90	2,58	1,36	40,48	4,02	21,24	3583
12	Пихта 50% Сосна 20% Кедр 15% Ель 15%	42,1	30,0	1,074	15,30	42,20	32,50	0,95	22,92	3,00	1,90	2,62	1,45	40,41	3,89	21,75	3580
13	Ель 50% Сосна 20% Кедр 15% Пихта 15%	42,9	25,2	1,079	15,70	43,00	33,38	1,05	22,90	3,29	2,24	2,84	1,52	40,90	4,14	20,06	3533
							Лиственные породы										
1	Береза 100%	51,1	19,2	1,064	13,20	44,10	33,89	1,91	19,80	4,64	2,41	2,73	1,08	39,48	3,93	21,67	3450
2	Осина 100%	55,0	13,1	1,062	12,70	46,10	35,73	1,99	19,60	4,84	2,64	2,86	1,03	37,47	4,53	21,24	3400
3	Осина 20% Береза 80%	51,7	17,6	1,063	13,20	44,10	34,86	1,93	19,79	4,65	2,43	2,76	1,00	38,40	3,90	21,84	3539
4	Осина 40% Береза 60%	52,3	15,9	1,063	13,10	45,00	34,98	1,96	19,73	4,67	2,49	2,76	0,98	38,00	4,00	22,04	3499
5	Осина 50% Береза 50%	52,8	15,6	1,063	12,95	45,30	35,02	1,94	19,70	4,73	2,54	2,80	1,01	37,92	4,05	22,00	3472
6	Осина 60% Береза 40%	53,0	15,0	1,063	12,90	45,80	35,50	1,93	19,65	4,81	2,59	2,83	1,01	37,65	4,32	21,52	3411
7	Осина 80% Береза 20%	53,8	14,5	1,063	12,80	46,00	35,65	1,94	19,58	4,83	2,62	2,85	1,02	37,20	4,49	21,65	3393

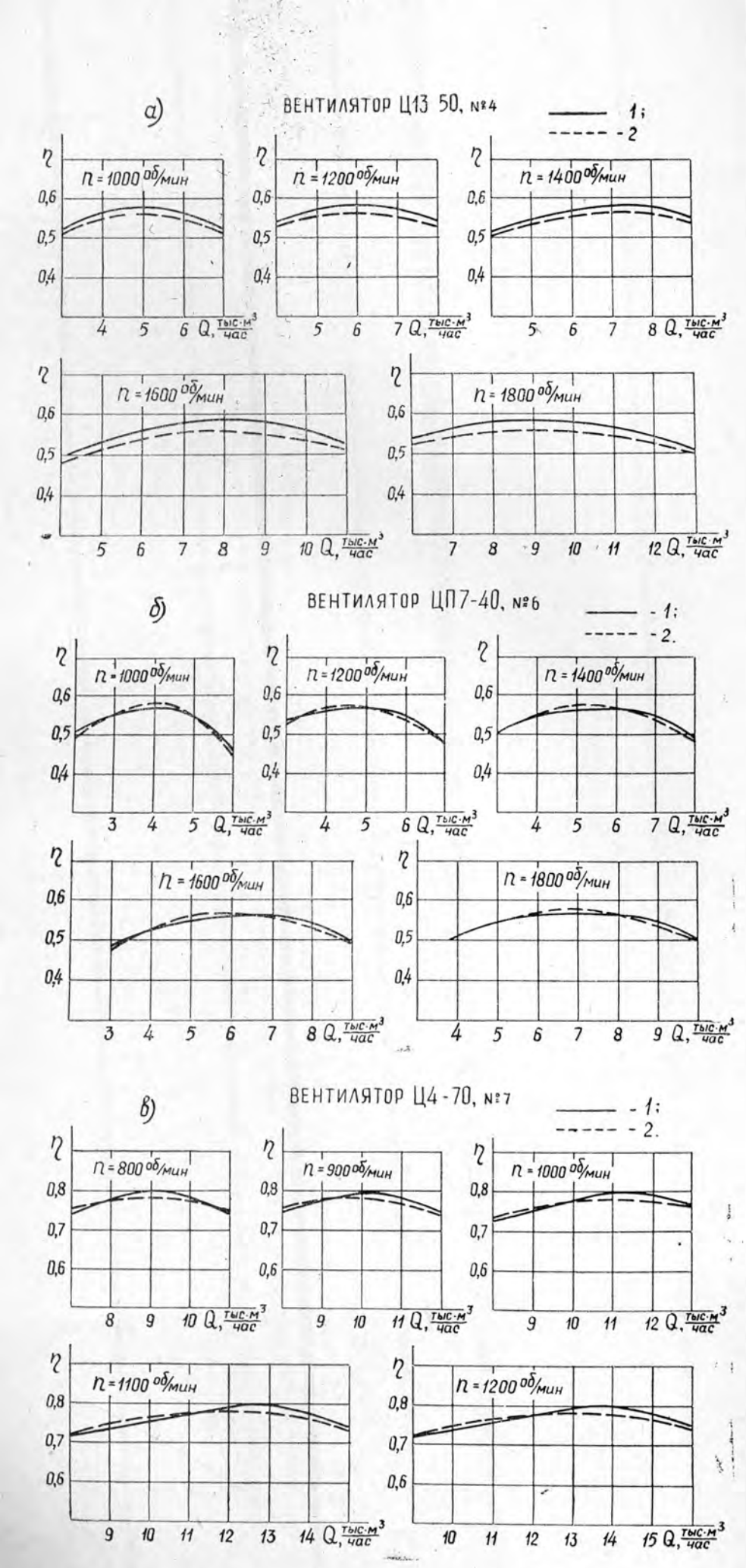


Рис. 1. Зависимость коэффициентов полезного действия η центробежных вентиляторов от их производительности Q

1 — типовые (экспериментальные) кривые; *2* — расчетные кривые.

05
И332

Лесной журнал

5
1975