

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ

1

1971

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. И. М. Боховкин (отв. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. отв. редактора), проф. Н. М. Белая, проф. Г. А. Вильке, доц. П. И. Войчалъ, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, проф. И. П. Донской, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. Ф. И. Коперин, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ, проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. С. И. Рахманов, доц. В. О. Самуйлло, доц. Г. Я. Трайтельман, доц. 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.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1.

(Год издания четырнадцатый).

Сдан в набор 22/XII 1970 г. Подписан к печати 4/III 1971 г. Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆.
Печ. л. 15,4 + 3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 14,95. Тираж 2200.
Сл 00032. Заказ № 4496. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

ПЛАНЫ ПАРТИИ — НАШИ ПЛАНЫ!

Весь советский народ с огромным воодушевлением встретил проект ЦК КПСС «Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы». «Главная задача пятилетки, — говорится в Директивах, — состоит в том, чтобы обеспечить значительный подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе высоких темпов развития социалистического производства, повышения его эффективности, научно-технического прогресса и ускорения роста производительности труда».

Национальный доход СССР за пятилетие возрастет на 37—40%, а объем промышленной продукции — на 42—46%. Не менее 80% прироста национального дохода и 87—90% прироста продукции промышленности будет получено в результате роста производительности труда.

Планомерно и пропорционально, высокими темпами будут развиваться все отрасли промышленности и в их числе лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная. По объемам лесозаготовок и лесопиления наша страна давно и прочно занимает первое место в мире. Теперь предстоит сделать крупный шаг в направлении дальнейшего улучшения структуры лесной индустрии и комплексного использования древесины: производство бумаги увеличится в 1,3 раза, целлюлозы — в 1,7 раза, картона — в 1,8 раза, древесностружечных и древесноволокнистых плит — в 2,8—2,9 раза. Выпуск мебели возрастет в 1,6 раза. Особое внимание в Директивах обращено на повышение выпуска дефицитных видов продукции, улучшение ее качества, использование древесных отходов, лиственной и низкокачественной хвойной древесины как сырья для целлюлозно-бумажной промышленности и изготовления плит. Производительность труда на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности повысится на 35%, в целлюлозно-бумажной — на 45%.

На основе повышения технического уровня и химизации будет интенсивно развиваться лесное хозяйство.

Предусмотрено строительство новых высокомеханизированных лесопромхозов и реконструкция действующих лесозаготовительных предприятий, внедрение более совершенных машин и оборудования и улучшение состояния автомобильных лесовозных дорог. Большое значение придается улучшению условий труда и быта рабочих и служащих, занятых на лесозаготовках.

Задача инженерно-технической общественности состоит в том, чтобы довести до всех тружеников лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и лесного хозяйства проект Директив, обеспечить на основе социалистического соревнования не только выполнение, но и перевыполнение заданий новой пятилетки.

В глубоко научно обоснованной программе грядущего пятилетия, какой является проект Директив, лесная промышленность и лесное хозяйство невидимыми нитями связаны со всем народным хозяйством. В заданиях машиностроителям намечено освоить выпуск агрегатных

машин для лесосечных работ и лесовозных автопоездов; закреплению лесных кадров будут способствовать широкая программа жилищного строительства и благоустройства населенных пунктов, проведение работ по обеспечению устойчивых телевизионных передач на территории всей страны и др.

Новый мощный подъем индустрии леса и лесохимии как свое кровное дело воспринимают и работники лесотехнических вузов. Готовить высококвалифицированные инженерные кадры в соответствии с требованиями научно-технического прогресса; последовательно расширять и улучшать систему подготовки и переподготовки кадров организаторов производства и в первую очередь в области марксистско-ленинской теории, теории и практики управления, научной организации труда, новых методов планирования и экономического стимулирования, применения экономико-математических методов и современной вычислительной техники; развивать научные исследования в высшей школе, всемерно укрепляя связи вузов с производством, — таковы большие и сложные задачи, поставленные в Директивах перед высшей школой.

Реальность выполнения этих задач — в том постоянном внимании и заботе, которые Коммунистическая партия и Советское государство всегда уделяли и уделяют развитию высшего образования, и в огромном творческом энтузиазме работников вузов, вызванном захватывающей перспективой, начертанной в Директивах.

Сейчас проект Директив с большим интересом обсуждается на собраниях профессорско-преподавательского состава и в студенческих группах. Подводятся итоги выполнения обязательств в честь предстоящего съезда Ленинской партии. Коллективная мысль ищет новые пути улучшения всей деятельности вузов.

Вместе с Партией, со всем народом коллективы лесотехнических вузов не пожалеют сил для выполнения заданий новой пятилетки!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 519 : 634.0.23

ОБ ОЦЕНКЕ ФАКТОРОВ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ
ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ

Н. Н. СВАЛОВ

Московский лесотехнический институт

В настоящее время нет исчерпывающей информации об успешности лесовозобновления таежных лесов. Статистические методы, дающие обоснованные оценки, до сих пор использовались недостаточно.

Ниже приведен анализ факторов лесовозобновления по материалам 281 пробной площади, заложенной в Коми АССР: 110 проб на вырубках и 171 — под пологом леса. В качестве факторов приняты район, древесная порода, тип леса и класс бонитета. При исследовании влияния района в первую группу включены 47 проб из южной части республики (Сыктывдинский лесхоз) и во вторую — 17 проб, расположенных на северо-востоке ее (Троицко-Печорский лесхоз). Природные условия районов существенно различны, поэтому можно было ожидать значимое различие и в численности возобновления. Такой постановке вопроса соответствует нулевая гипотеза $H_0: \mu_1 = \mu_2$, согласно которой выборки представляют одну совокупность, если численности возобновления одинаковы. Результаты и оценки возобновления оказались следующими.

Средняя численность возобновления (хвойных пород) соответственно равна $\bar{x}_1 = 85,55$ сотни шт./га; $\bar{x}_2 = 53,76$ сотни шт./га; сумма квадратов численностей $\Sigma x_1^2 = 623615$ и $\Sigma x_2^2 = 80106$; оценки дисперсий $s_1^2 = 6078$, $s_2^2 = 1935$; отношение дисперсий $F = 3,14 > F_{05} = 2,15(46,16)$. Как видно, варьирование численностей возобновления значимо различно, что могло быть либо следствием малочисленности выборки по второму объекту, либо следствием условий. Применяя для сравнения средних \bar{x}_1 и \bar{x}_2 критерий Стьюдента (при условии $s_1^2 \neq s_2^2$, $s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 15,59$), имеем $t = 2,04 > t_{05} = 2,01$ (при 49 степенях свободы).

Нулевая гипотеза отвергается, хотя и при недостаточно высоком доверительном уровне (95%). Следовательно, возобновление на северо-востоке республики идет несколько хуже, чем в южных районах.

При сравнении возобновления в сосняках (группа 1) и в ельниках (группа 2) получены средние: $\bar{x}_1 = 85,55$ сотни шт./га, $\bar{x}_2 = 19,02$ сотни шт./га. Различие в средних по критерию Фишера $F = 29,9 > F_{001} = 11,9$. Оно значимо на высоком уровне.

Влияние типов леса и классов бонитета на возобновление проанализировано по данным 98 пробных площадей, заложенных в сосняках. Статистический комплекс подразделен на три группы производительности (фактор А): IV класс бонитета — A_1 ; V класс — A_2 и Va класс — A_3 и на пять групп типов леса (фактор В): лишайниковые — B_1 , брусничниковые — B_2 , черничниковые — B_3 , багульниковые — B_4 , сфагновые — B_5 .

Вследствие непропорциональности комплекса и наличия пустых клеток в таблице применен метод подбора констант [2]. Модель имеет вид

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ijk},$$

где α и β — искомые константы — эффекты факторов А и В. Их оценки a_i и b_j можно рассматривать как отклонения от общей для комплекса средней $\bar{x} = 71,5235$ сотни шт./га, причем $\Sigma a_i = \Sigma b_j = 0$;
 ξ — случайная переменная, измеряющая выборочное (случайное) варьирование.

Получены следующие оценки констант (в сотнях шт./га):
 $a_1 = -23,1562$; $a_2 = -2,3122$; $a_3 = 25,4684$; $b_1 = 23,4432$; $b_2 = 7,4401$;
 $b_3 = -19,0737$; $b_4 = 44,2920$; $b_5 = -56,1016$.

Оценки (средние численности возобновления хвойных, сотни шт./га), полученные подбором констант (взаимодействие факторов соответствует $F_{AB} = 1,26 < F_{05} = 2,56$), и итоги дисперсионного анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Типы	A ₁	A ₂	A ₃	Средние $\bar{x}_B = \bar{x} + b_j$
B ₁	71,8105	92,6545	120,4351	94,9667
B ₂	55,8074	76,6514	104,4320	78,9636
B ₃	29,2936	50,1376	77,9182	52,4498
B ₄	92,6593	113,5030	141,2841	115,8155
B ₅		13,1097	40,8903	15,4219
Средние $\bar{x}_A = \bar{x} + a_i$	48,3673	69,2113	96,9919	

Итоги дисперсионного анализа

Источник варьирования	Сумма квадратов, обусловленных влиянием факторов	Число степеней свободы γ	Средний квадрат s^2	Критерий F
Класс бонитета (А)	12071,97	2	6035,98	1,43 < F ₀₅ = 3,20
Тип леса (В)	67129,00	4	16782,25	3,92 > F ₀₁ = 3,72
Взаимодействие (АВ)	33348,73	6	5558,12	1,30 < F ₀₅ = 2,29
Случайные факторы (z)	218322,50	51	4280,83	

Влияние класса бонитета незначимо (отметим, что исследована небольшая амплитуда классов бонитета), влияние типов леса значимо на высоком уровне.

В табл. 2 показано число значимых различий в средней численности возобновления по типам леса, установленной методами Тьюки, Кьюлса [2] и Дункана [3].

Методы состоят в определении критических значений разностей, определяющих пределы случайного варьирования в совокупности. Разности представляют собой произведения 5%-ного уровня * студентизированного (в долях t) размаха варьирования Q на ошибку средней $s_{\bar{x}}$, равную для нашего комплекса 18,88 сотни шт./га. При пяти

* В дальнейших оценках факторов, где уровень значимости не назван, принят 5%-ный уровень.

Таблица 2

Типы	Средние \bar{x}_i	Разности между средними			
		$\bar{x}_i - 15,42$	$\bar{x}_i - 52,45$	$\bar{x}_i - 78,96$	$\bar{x}_i - 94,97$
B_4	115,82	100,40 (Т, К, Д)	63,37 (Д)	36,86	20,85
B_1	94,97	79,55 (К, Д)	42,52	16,01	—
B_2	78,96	63,54 (Д)	26,51	—	—
B_3	52,45	37,03	—	—	—
B_5	15,42	—	—	—	—

вариантах (число типов леса) и 51 степени свободы $Q = 4,01$, критическая разность по Тьюки

$$D_T = Qs_x^- = 4,01 \cdot 18,88 = 75,71 \text{ сотни шт./га.}$$

Эта разность покрывает все приведенные в таблице разности, кроме разности в численности подростка в сосняке багульниковом (B_4) и сосняке сфагновом (B_5), равной 100,4 сотни шт./га. Следовательно, в сосняке багульниковом наблюдается значимо большее количество подростка, чем в других типах леса, и нет других разностей, значимых на 5%-ном уровне.

В методе последовательной оценки разностей, предложенном Кьюлсом, где принимаются индивидуальные Q для каждого интервала между наибольшей средней \bar{x}_1 и второй, третьей и т. д. средними в ранжированном их ряду — графа 2 табл. 2. ($Q_{1/2} (2,51) = 2,84$; $Q_{1/3} (3,51) = 3,42$; $Q_{1/4} (4,54) = 3,76$; $Q_{1/5} (5,51) = 4,01$), критические разности равны: $D_{K1/2} = 53,62$; $D_{K1/3} = 64,57$; $D_{K1/4} = 70,99$; $D_{K1/5} = 75,71$.

Еще более строгий критерий Дункана для последовательного сравнения тех же четырех разностей (предельные значения размаха варьирования соответственно равны 2,84; 2,99; 3,08; 3,16) дает следующие критические разности для оценок: $D_{D1/2} = 53,62$; $D_{D1/3} = 56,45$; $D_{D1/4} = 58,15$; $D_{D1/5} = 59,66$.

Значимые разности в табл. 2 отмечены первой буквой фамилии автора метода оценки, то есть Т, К, Д.

Разности между средними в сосняках багульниковом и сфагновом значимы при оценке по всем методам. По методу Дункана значима также разность между средними в сосняках багульниковом и черничнике, в лишайниковом и сфагновом, последняя значима и по Кьюлсу.

Анализ факторов лесовозобновления под материнским пологом произведен по данным 98 пробных площадей в сосняках и 73 пробных площадей в ельниках. А priori ожидалось значимое влияние полноты и возраста древостоев и имелось в виду лесоводственное учение о влиянии условий внешней среды, как считают, наиболее полно отражаемых типом леса и классом бонитета.

Соответствующая этой концепции нулевая гипотеза такова, что перечисленные факторы не оказывают значимого влияния на численность возобновления в условиях девственного леса, $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, где μ — численность подростка в изучаемых совокупностях. В отношении двух последних факторов (типа и бонитета) нулевую гипотезу можно сформулировать так: каждый древостой при естественном развитии сам себя воспроизводит, к какому бы типу или классу бонитета он ни относился. Поэтому под пологом материнского древостоя на определенных стадиях развития подростка достаточно для образования нового поколения.

Таблица 3

Преобладающая порода древостоя	Факторы	Группы	Символы групп	Результативный признак	Число проб	Средняя численность возобновления, сотни шт./га	Критерий F
Сосна	Тип леса	Лишайник	1	Численность хвойных пород	3	11,67	1,43
		Брусничник	2		19	46,60	
		Черничник	3		52	33,08	
		Долгомошник	4		19	28,68	
		Сфагнозник	5		5	29,00	
"	Класс бонитета	I, II	1	Численность подроста сосны	21	12,1	0,57
		III, IV	2		49	16,0	
		V, Va	3		28	18,6	
"	"	I, II	1	Численность хвойных	21	41,47	1,68
		III, IV	2		49	35,20	
		V, Va	3		28	26,07	
"	Возраст	40 — 79	1	Численность подроста сосны	34	12,9	2,03
		80 — 120	2		25	12,3	
		121 — 160	3		38	21,0	
"	Полнота	0,5 — 0,6	1	Численность хвойных	30	34,33	0,01
		0,7 — 0,8	2		43	34,07	
		0,9 — 1,0	3		25	33,40	
Ель	Возраст	40 — 80	1	"	7	23,6	2,37
		80 — 120	2		26	19,6	
		120 — 160	3		40	31,5	
"	Класс бонитета	I, II	1	"	2	20,0	0,1
		III, IV	2		51	26,4	
		V, Va	3		20	28,5	

Анализ факторов лесовозобновления под пологом древостоев (по схеме однофакторного комплекса) показан в табл. 3.

Материалы таблицы характеризуют возобновление в сосняках и ельниках чистых и смешанных елово-сосновых насаждениях. Поэтому приводятся оценки численности возобновления: по материнской породе и по хвойным.

Полученные в опыте F меньше F_{05} . Следовательно, значимого влияния факторов не проявилось. Принимая, однако, во внимание обнаружившиеся (хотя и ниже 5%-ного уровня) воздействия типа леса и возраста на численность молодняка, для сосновых древостоев мы выполнили дисперсионный анализ этих факторов методом подбора констант с последующим сравнением средних по группам.

Статистический комплекс из 75 проб разделен на три группы типов леса (фактор А): A_1 — сосняки-брусничники по свежим супесчаным почвам; A_2 — сосняки-черничники и долгомошники по влажным суглинкам и супесям; A_3 — сосняки сфагновые, и на три группы возрастов (фактор В): B_1 — от 60 до 90 лет, B_2 — от 100 до 130 лет и B_3 — от 140 до 170 лет. Оценки, полученные при подборе констант (численность подроста хвойных, сотни шт. на 1 га) и итоги дисперсионного анализа приведены в табл. 4.

Как и при анализе по схеме однофакторного комплекса (табл. 3), в целом для комплекса не проявилось значимого влияния рассматри-

Таблица 4

Факторы	Оценки по факторам и константам			
	A ₁	A ₂	A ₃	— средние $x_B = \bar{x} + bj$
	4,6982	1,6539	-6,3521	
B ₁	32,4013	29,3570	21,3510	27,7031
B ₂	30,0405	26,9962	18,9902	25,3423
B ₃	52,9924	49,9481	41,9421	48,2942
— Средние $x_A = \bar{x} + a_i$	38,4781	35,4338	27,4278	

Итоги дисперсионного анализа

Сумма квадратов с учетом поправки $V_A + V_B - V_{\text{конст}} = -399,77$	Число степеней свободы γ	Средний квадрат s^2	Критерий F
$V_A = 1053,71$	2	526,85	0,46
$V_B = 6118,50$	2	3059,25	2,66
$V_{AB} = 2741,64$	4	685,40	0,60
$V_z = 75828$	66	1148,91	—

заемых факторов. Сравнение средних численностей возобновления по группам возраста (табл. 4) дает следующий результат.

Критерий Стьюдента t_{05} при 66 степенях свободы равен 2,0, критическая разность $D_t = t \cdot s_{\bar{x}} \sqrt{2} = 2,0 \cdot 7,058 \cdot 1,414 = 19,96$. По Тьюки $D_T = s_x Q = 7,058 \cdot 2,83 = 19,97$, по Дункану $D_d = 7,058 \cdot 2,82 = 19,90$.

Разности в средних между третьей и двумя другими группами возраста оказались больше этих критических разностей. Следовательно, среднее количество подростка хвойных пород в перестойных древостоях значимо больше, чем в других группах возраста. Это подтверждает описанную в прежних работах автора модель процесса развития древостоев в девственном лесу [1] и не находится в противоречии со сформулированной выше нулевой гипотезой, а расширяет ее. Можно сказать так: смена старых материнских поколений леса на определенном этапе их развития происходит во всех типах леса и классах бонитета при сравнительно небольших различиях в численности подростка, вызываемых действием этих факторов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Н. Свалов. Основы организации лесного хозяйства и лесопользования. Гослесбумиздат, 1963. [2]. В. Ю. Урбах. Биометрические методы. Изд-во «Наука», М., 1964. [3]. E. Weber. Grundriss der biologischen Statistik. Jena, 1961.

Поступила 12 января 1970 г.

УДК 634.0.81

РАЗЛИЧИЯ В МИКРОСТРУКТУРЕ КОРЫ ЕЛЕЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА САХАЛИНЕ

В. М. ЕРЕМИН

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства

П. Б. РАСКАТОВ

Воронежский лесотехнический институт

В ботанической и лесоводственной литературе для решения таксономических вопросов и диагностики широко используются признаки, характеризующие анатомическое строение древесины [2], [3]. Однако в некоторых случаях для видовой характеристики более показательна структура коры [4], [5]. Это относится и к ели аянской (*Picea ajanensis* Fisch.) и ели Глена (*Picea Glehnii* Mast.), произрастающих на Сахалине [1], [6].

В коре елей, в зависимости от видовой принадлежности, наблюдаются специфические структурные различия, несколько варьирующие в связи с возрастом и условиями местопроизрастания. Из комплекса признаков, характеризующих строение коры, мы остановимся лишь на тех, которые у рассматриваемых видов различны. К ним относятся: степень развития механических тканей (склерификация), расположение лубяной паренхимы, образование и отложение кристаллов оксалата кальция, облитерация ситовидных элементов и др.

Склерификация вторичной флоэмы. В коре ели Глена склереиды отсутствуют, и поэтому внутренняя часть коры на ощупь мягкая. У ели аянской, наоборот, склерификация очень сильная. С увеличением возраста и ухудшением условий местопроизрастания степень склерозиса тканей ели аянской возрастает, что отмечалось ранее для других видов елей [7]. Своим происхождением склереиды обязаны клеткам лубяной паренхимы, оболочки которых сильно утолщаются и одревесневают. Склерозису подвергается сразу несколько сопряженных клеток, поэтому образуются склереидные группы крупных размеров (до $0,8 \text{ мм}^2$ в поперечнике и до 3 мм в длину). Эти группы имеют эллипсовидную форму и ориентированы в тангентальном направлении. Клетки паренхимы подвергаются склерификации с четвертого или пятого года. Группы склереид располагаются на поперечном срезе в чередующемся порядке и прекрасно различимы даже невооруженным глазом; наиболее крупные из них находятся во внутренних слоях непроводящей части флоэмы (рис. 1 и 2).

Расположение лубяной паренхимы. Обычно вместе с ситовидными элементами камбий откладывает клетки лубяной паренхимы, располагающиеся тангентально ориентированными участками, состоящими из двух — трех клеток каждый.

У ели Глена лубяная паренхима образуется в первой половине вегетационного периода, то есть в весенней части годовичного слоя флоэмы. Клетки паренхимы уже в первый год увеличиваются в размерах, что особенно заметно в связи со значительной деформацией ситовидных элементов.

Рис. 1. Схема строения коры ели аянской. Увелич. в 5 раз.

КР — корка; НФ — непроводящая флоэма; ПФ — проводящая флоэма; К — камбий; КС — ксилема; СЛ — сердцевинные лучи; СК — склеридные группы; ЛЛ — лубяные лучи.

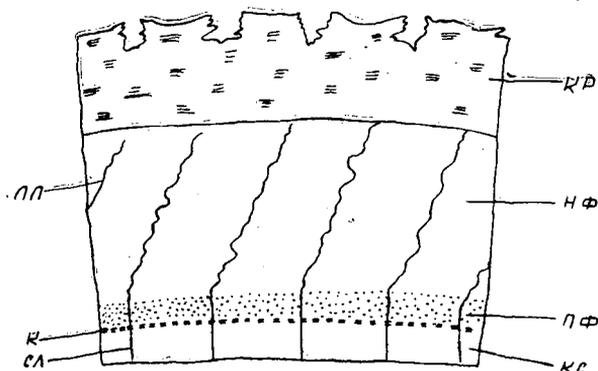
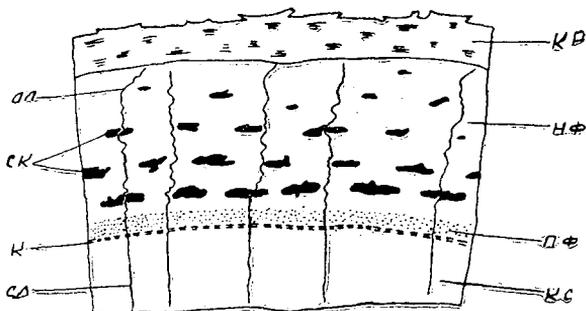


Рис. 2. Схема строения коры ели Глена. Увелич. в 5 раз. Обозначения те же.

У ели аянской лубяная паренхима откладывается в середине годичного слоя флоэмы и в первый год размеры ее клеток не увеличиваются, оставаясь по величине и форме близкими (на поперечном срезе) к ситовидным клеткам и отличаясь от них только характером цитоплазматического содержимого.

Образование и отложение кристаллов оксалата кальция в клетках лубяной паренхимы у ели Глена наблюдается на самых ранних этапах развития этих клеток, даже до деления их поперечными перегородками. В дальнейшем кристаллы откладываются и в сформировавшихся клетках. У ели аянской отложение кристаллов происходит позднее и только после полной дифференциации клеток лубяной паренхимы.

Облитерация ситовидных элементов происходит у исследованных елей также неодинаково. У ели аянской уже в первый год наблюдается значительная деформация весенних ситовидных клеток. Просвет их по радиусу снижается по крайней мере в 4—5 раз, тогда как ситовидные клетки поздней флоэмы предыдущего года уменьшились не более чем в два раза. Чередование сильно облитерированных весенних ситовидных элементов с менее облитерированными поздними создает четкую годичную слоистость.

У ели Глена облитерация ситовидных элементов происходит довольно равномерно, и подобного чередования не наблюдается.

Ориентировка основных смоляных ходов на поперечном срезе однолетнего побега ели аянской — радиальная, то есть смоляные ходы расположены большей осью по радиусу, причем это наблюдается на всем протяжении побега. У ели Глена в верхней части однолетнего побега ходы почти круглые, а в средней и нижней несколько растянуты тангентально.

В клетках губчатой пробки перидермы у ели аянской обычно наблюдается отложение кристаллов оксалата кальция, полностью отсутствующие в клетках феллемы у ели Глена.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. В. Будкевич. Анатомическое строение древесины видов *Larix* в связи с их систематикой. «Ботанический журнал», т. 41 (1), 1956. [2]. Б. М. Козо-Полянский. Курс систематики высших растений. Изд-во Воронежского университета, Воронеж, 1965. [3]. А. Л. Тахтаджян. Высшие растения. Ч. 1., изд-во АН СССР, М.—Л., 1956. [4]. А. А. Яценко-Хмельевский. Принципы систематики древесины. Труды Ботанического института АН АрмССР, 1948. [5]. R. K. Vamberger. The anatomy of the barks of Leptospermoidae. «Austral. J. Bot.», 10, № 1, 1962 (цитировано по реферативному журналу «Биология» № 6, 1963). [6]. P. Greguss. Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Budapest, 1955. [7]. W. Holdheide. Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. In Handbuch der Microscopie in der Technik, Bd. V, teil 1, Frankfurt am Main, 1951.

Поступила 3 марта 1970 г.

УДК 634.0.5

О ДИНАМИКЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И ХОДЕ РОСТА СМЕШАННЫХ КЛЕНОВО-ЛИПОВЫХ ДУБНЯКОВ

А. Д. ЛОЗОВОЙ

Воронежский лесотехнический институт

Тульские засеки — родина ценных искусственных дубняков. На 1/1 1968 г. в Крапивненском лесхозе Тульской области насчитывалось 6320 га культур дуба в возрасте до 110 лет. Основными методами формирования насаждений с преобладанием дуба на вырубках были коридорный метод А. П. Молчанова и метод «моложения» (А. Н. Успенского).

Согласно существующей типологии, дубравы Тульских заезек отнесены в подавляющем большинстве к кленово-липовым (65%) и ясе-нево-липовым (27%).

За период 1967—1968 гг. опытной группой кафедры лесной таксации и лесоустройства при непосредственном участии автора было заложено 28 пробных площадей, а также использованы данные двух стационаров проф. В. В. Попова и пробных площадей Рязанской лесоустроительной экспедиции. Всего после проверки принадлежности пробных площадей к одному естественному ряду были использованы пере-четы 28 проб с 510 моделями. Материал собран и обработан по методике доц. А. Д. Дударева.

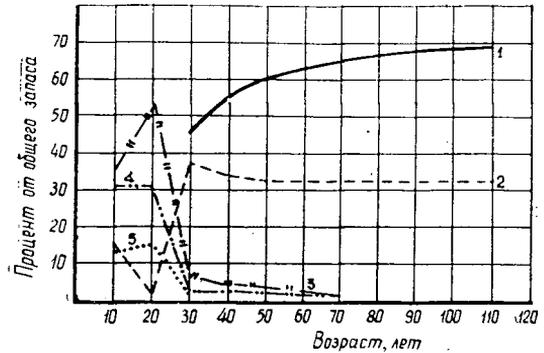
Исследование хода роста смешанных по составу дубняков II класса бонитета требует предварительного изучения динамики видового состава. В связи с этим мы обследовали массовый материал лесоустройства 1945, 1957, 1967 гг. и вывели средне-взвешенные показатели доли участия каждой породы в запасе насаждения (рис. 1).

Полученные данные положены в основу таблиц хода роста кленово-липовых дубняков II класса бонитета Крапивненского и смежных с ним лесхозов (табл. 1).

Анализ этих данных вскрывает некоторые характерные особенности роста и формирования. Первый период (до 20 лет) характерен отсутствием главной породы (дуба) в верхнем пологе. Второй период (21—50 лет) — переход главной породы (дуба) и его спутников (липы семенной, клена, ильма) из второго яруса в первый и окончательное формирование состава. Третий период (51—110 лет) — этап качественного формирования насаждений. Каждый период имеет специфические особенности, что является результатом биологической взаимосвязи составляющих насаждение пород, лесорастительных условий и следствием изменений, происшедших в результате вмешательства человека.

Рис. 1. Изменение процента участка пород в общем запасе насаждения с возрастом.

1 — дуб; 2 — липа; 3 — береза;
4 — осина; 5 — ива.



В первые годы после рубки материнского полога буйно растет поросль мягколиственных пород (липы, осины, ивы, березы), которая к 10 годам обгоняет дуб в росте по высоте на 23—71%. При такой интенсивности роста к 5—7 годам смыкаются кроны поросли и образуется насаждение пока нежелательного состава. Изменить состав в пользу главной породы в этом возрасте не представляет труда. Однако главная задача этого периода — создание благоприятных условий для быстрого роста дуба в высоту, что достигается уходом в коридорах, приводящим к созданию плотной «шубы».

Покровительственное отношение к дубу, несомненно, имеет и отрицательные стороны, так как приводит к обеднению состава, вызванному выпадением широколиственных спутников (ильма, клена).

К 12—15 годам мягколиственные породы значительно обгоняют дуб в росте, и коридоры закрываются кронами деревьев первого яруса, создавая при этом «тоннели». Положение дуба в насаждении ухудшается, и требуется активное вмешательство рубок ухода. Поэтому в возрасте 12—15 лет проводится «моложение», в результате которого механически снижается количество мягколиственных, а также их средняя высота. Однако полностью эти породы не вырубают, и к возрасту 20 лет они создают ажурный (полнотой 0,3—0,4) верхний полог, который совместно со II ярусом в некоторой степени сдерживает рост поросли, возникающей после последних рубок ухода.

К этому возрасту сокращается различие в высоте дуба с верхним пологом до 43%, и он образует вместе с липой II ярус. Длительное присутствие первого яруса из мягколиственных пород может отрицательно сказаться на росте дуба, поэтому первый ярус следует вырубать по достижении им возраста 23—25 лет. Необходимость рубок обусловлена тем, что к этому времени сомкнутся кроны дубков в ряду и начнется смыкание в междурядьях, что приведет к самоизреживанию дубков, а наличие в достаточном количестве спутников дуба ускорит этот процесс, в результате более раннего смыкания крон деревьев II яруса. Следовательно, наличие I яруса задерживает эти начинающиеся процессы. Запоздание с уходом, как правило, приводит к созданию сложных двухъярусных насаждений, из которых дуб выпадает полностью к 30—35 годам.

Примером таких нежелательных результатов могут служить контрольные участки пробных площадей № 4 и стационара № 1. Проведение рубок ухода малой и средней интенсивности отодвигает процесс самоизреживания дуба на 3—7 лет. Очень интенсивное вмешательство с рубками ухода дает положительный эффект в течение 15—17 лет, а затем также начинается вытеснение дуба (табл. 2, секция 2). Как видим, снятие верхнего полога положительно сказывается

Таблица 2

№ стационара или пробной площади № секции	Год проведения последнего ухода Год обмера	Интенсив- ность ухода, ‰/м ²	Сред- ний воз- раст, лет	Ярус	Состав
Ст. № 1	1937	Контроль	14	I	72Б26Ос2Ив 29Д11Кл6Ил37Лп13Лщ4Куст
1	1938				
"	1937	"	34	I	90Б10Ос, ед.Лп
"	1957				
"	1937	"	44	I	90Б10Ос
"	1967				
Ст. № 1	1938	81	14	I	41Д6Кл21Ил22Лп5Лщ3Ив2Куст
2	1938				
Ст. № 2	1938	56,0	34	I	50Д20Б20Лп10Ос
2	1957				
Ст. № 1	1938	"	44	I	50Б40Ос10Д, ед.Лп
2	1967				
Проба № 4	1957	Коридор	23	I	100Б
К-1	1967				
№ 10	—	—	95	I	80Лп20Д
К-1	1967				
№ 11	—	—	85	I	77Лп23Д
К-1	1967				

на росте не только дуба, но и его спутников. Насажение к возрасту 30 лет становится одноярусным с достаточным участием (45%) главной породы. Следует учитывать, что начинающийся процесс интенсивного самоизреживания в рядах дуба (30—35 лет), значительное количество липы в составе (38%) и ее интенсивный прирост по высоте и диаметру (до 50—70 лет) потребует проведения лесоводственного ухода, направленного на окончательное формирование состава. Отсутствие своевременного ухода в насаждениях в возрасте 30—40 лет может привести к образованию липняков с незначительной примесью дуба (до 30%). Примером опозданий могут служить насаждения пробных площадей № 10 и 11 (табл. 1). Реальная опасность нежелательной смены пород существует на протяжении почти 50—60 лет, и ее устранение целиком зависит от умелого лесоводственного ухода.

В дальнейшем дуб, имея достаточное преимущество по высоте, занимает доминирующее положение в насаждении. В возрасте 50—80 лет высоты дуба превосходят средние для бонитетов, а диаметры несколько ниже средних. В последующем он усиливает рост по диаметру, но снижает прирост по высоте, что является, по-видимому, результатом интенсивных проходных и санитарных рубок в условиях лесозащиты. Дальнейшее падение прироста в высоту дает нам право предполагать, что к возрасту 140—160 лет дуб выйдет из границ II класса бонитета. Подробный анализ роста насаждений пробных площадей и полученные средние данные положены в основу таблиц хода роста для сомкнутых насаждений кленово-липовых дубняков II класса бонитета Тульских засек. Наличие таких развернутых таблиц окажет существенную помощь производственникам при анализе и проектировании мероприятий, направленных на восстановление дубняков и их рациональное использование.

УДК 634.05

ХАРАКТЕР ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗРЕЖИВАНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Н. Н. СОКОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Изучением естественного изреживания и вопросов, связанных с влиянием этого процесса на формирование древостоев, занимались многие исследователи ([1]—[9] и др.). Однако вопрос об естественном отпаде деревьев изучен все еще слабо, особенно в отношении модальных древостоев, где, по мнению В. И. Левина, интенсивность отпада в различные периоды находится в большой зависимости от первоначальной густоты древостоев.

В целях изучения характера отпада в сосновых древостоях нами на 60 пробных площадях был учтен сохранившийся отпад по ступеням толщины и вычислен средний диаметр отпавших деревьев. На всех пробах прослежена зависимость характера естественного изреживания от полноты и густоты древостоев сосны в различных условиях местопроизрастания.

Общезвестно, что в процессе естественного изреживания отмирают не только отставшие в росте, тонкомерные деревья, но и средние по размерам и толстомерные. Анализ результатов вычислений позволяет подметить, что в сосновых молодняках I—II классов возраста в различных типах леса (сосняках травяных, брусничниках, мохово-лишайниковых и долгомошно-сфагновых) отмирают в основном деревья тоньше среднего по диаметру. Отдельные деревья толще среднего отпадают в силу случайных причин. В сосновых молодняках различной густоты средний диаметр деревьев отпада составляет 30—60% от среднего диаметра растущих деревьев (за исключением некоторых проб). По И. М. Науменко, для сосняков в возрасте от 20 до 40 лет относительный диаметр отпада составляет 48—63%. В табл. 1 показано

Таблица 1

Относительная полнота древостоя	Число растущих деревьев	Число деревьев отпада	Средний диаметр древостоя, см	Средний диаметр отпада, см	Относительный диаметр отпада
---------------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------

Сосняк травяной

0,5	610	11	17,3	9,5	55
0,6	650	6	17,5	8,0	46
0,7	910	47	16,3	8,1	50
0,8	—	—	—	—	—
0,9	2420	200	12,2	7,2	59
1,0	2380	133	12,9	7,5	58

Сосняки брусничные и мохово-лишайниковые

0,36	503	—	14,5	—	—
0,48	1458	—	9,6	—	—
0,64	1513	7	11,2	12,0	107
0,81	3832	334	8,9	2,5	28
1,27	8215	1215	6,9	2,4	35

изменение среднего диаметра отпада в зависимости от относительной полноты древостоя в сосняке травяном 35—40 лет. Из табл. 1 видно, что средний диаметр отпада уменьшается с увеличением относительной полноты древостоя. Однако определенной тенденции к отпаду крупных деревьев в редких древостоях мы не наблюдали. В разреженных древостоях молодняки располагаются куртинами, и отмирают в основном угнетенные тонкомерные стволы в биогруппах.

В 35—40-летних сосняках-брусничниках и близких к ним мохово-лишайниковых отмечаются те же закономерности в характере и интенсивности изреживания, что и в более продуктивных сосняках травяных (табл. 1). Как видно из таблицы, наиболее интенсивный отпад наблюдается в нормальных молодняках. Отмирают преимущественно деревья тоньше среднего. Средний диаметр отпавших деревьев составляет около 30% среднего диаметра растущей части древостоя. Среднеполнотные молодняки изреживаются слабо. Сильно разреженные молодняки с полнотами 0,4—0,5 проявляют высокую биологическую устойчивость. В них практически нет отпада, так как не существует острой конкурентной борьбы между деревьями. Такие древостои не полностью используют потенциальные возможности условий местопроизрастания. Следовательно, характер естественного изреживания сосновых молодняков подсказывает нам оптимальные условия по густоте. По нашим данным, для 35—40-летних сосняков травяных и близких к ним типов леса оптимальной является густота около 1 тыс. деревьев на 1 га, а в брусничниках и мохово-лишайниковых сосняках этого же возраста 1,5—2,0 тыс. стволов на единице площади.

В сосняках III класса возраста и старше, независимо от возраста, естественное изреживание происходит также в основном за счет деревьев тоньше среднего. По данным повторных перечетов на пробных площадях В. И. Левина, в спелых и перестойных сосняках процент отмерших тонкомерных деревьев в среднем составил $15,7 \pm 1,37$, а толстомерных лишь $1,6 \pm 0,23$. Модальные древостои отличаются большей устойчивостью. В модальных сосняках III—VI классов возраста процент отпавших деревьев составляет: тонкомерных $3,0 \pm 0,47$, а толстомерных $1,7 \pm 0,29$. Коэффициент варьирования числа деревьев отпада очень высок. С начала периода естественного отмирания древостоев (период распада) возрастает общее число деревьев отпада (11,6%), а также увеличивается отпад толстомерных деревьев.

Отпад лучше всего характеризуется относительным диаметром отпавших деревьев. По данным учета отпада на изучаемых пробных площадях в чистых модальных сосновых древостоях различных типов леса, зависимость между относительной величиной диаметра отпада и возрастом выразилась коэффициентом корреляции $0,596 \pm 0,083$; корреляционное отношение равно $0,691 \pm 0,067$. Графически эту связь хорошо отражает парабола второго порядка:

$$D_{\text{отн}} = 11,2 + 1,19A - 0,004A^2,$$

где $D_{\text{отн}}$ — относительный диаметр отпада;

A — возраст древостоя, лет.

Выравненные данные представлены следующим рядом (табл. 2).

Таблица 2

Данные	Величина относительного диаметра в возрасте, лет						
	20	40	60	80	100	120	140
Наши	33	53	69	82	90	98	101
И. М. Науменко	48	63	76	84	88	—	—

Для сравнения приведены данные И. М. Науменко. С увеличением возраста средний диаметр отпада приближается к среднему диаметру деревьев на корню. Полученные нами данные и результаты И. М. Науменко имеют значительные расхождения только для молодняков. Древостои, разреженные смолоду, имеют больший средний диаметр отпада в старших классах возраста, и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Афанасьев. Естественное изреживание насаждений. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [2]. В. И. Левин. Результаты исследования динамики сосновых насаждений Архангельской области. Архангельск, 1959. [3]. Г. Ф. Морозов. Учение о лесе. Л., 1925. [4]. И. М. Науменко. Текущий и объемный прирост насаждений. Научные записки Воронежского лесохозяйственного института, т. IX, Воронеж, 1946. [5]. В. Г. Нестеров. Вопросы современного лесоводства. М., 1961. [6]. А. И. Тарашкевич. Процесс отпада стволов. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 11, 1935. [7]. В. П. Тимофеев. Влияние горизонтальной структуры на продуктивность насаждений. Сб. «Выращивание высокопродуктивных лесов», Минск, 1963. [8]. А. В. Тюрин. Основы хозяйства в сосновых лесах. М., 1925. [9]. А. Ф. Черкасов. Характер естественного отпада в порослевых дубравах. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1967.

Поступила 1 июля 1970 г.

УДК 634.0.416

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА РОСТ ВЯЗА МЕЛКОЛИСТНОГО В НЕСОМКНУВШИХСЯ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ*

В. И. ИВЧЕНКОВ

ВНИАЛМИ

При ручном и механизированном уходе за лесными полосами часть древесных растений повреждается в той или иной степени. Наши исследования в Алексеевском (степном) лесничестве Кулешовского механизированного лесхоза Куйбышевской области показали, что повреждения носят разный характер. Наблюдаются обдиры коры стволика и боковых побегов, поломка и расщеп побегов, ошмыг листьев, повреждения корней скелетных, проводящих и мелких активных. По давности нанесения они могут быть свежими, прошлогодними и более ранними. Суммарная оценка этих и других фактов дает возможность разбить механические повреждения на четыре группы по степени: слабые, средние, сильные, очень сильные. Каждая степень повреждения может быть представлена различными сочетаниями. Например, к повреждениям средней степени относятся: а) обдиры коры длиной от 1 до 7 см и до $\frac{1}{5}$ части окружности побега; б) обломка концов боковых или осевых побегов; в) поломка или расщеп ветвей в верхней трети растения; г) ошмыг листьев до половины от их общего числа; д) подрезка около половины проводящих корней и активной части корневой системы.

Для других степеней повреждений установлены иные количественные и качественные оценки.

Механические повреждения древесных растений обычно являются результатом культивации междурядий и ручного мотыжения почвы в

* Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук Е. С. Павловокий.

рядах культур. Выяснение того, как переносят такие повреждения дерева различных пород, представляет практический интерес.

В ассортименте древесных пород Куйбышевского Заволжья видное место занимает вяз мелколистный, который в основном используется в защитном лесоразведении как сопутствующая порода, но иногда и как главная. Влияние механических повреждений на рост вяза мелколистного исследовали в лесных полосах Алексеевского (степного) лесничества Кулешовского лесхоза. В 3-летних насаждениях посадки 1964 г., где уходы за почвой (ручной и механизированный) наиболее интенсивны, были отобраны и исследованы 150 модельных деревьев вяза. Наблюдения проводили в осенний период в течение четырех лет (1966—1969 гг.).

Для выяснения влияния механических повреждений двухлетней давности на рост вяза отбирали по 30 деревьев каждой степени повреждения и сравнивали с 30-ю здоровыми.

Степень повреждения устанавливали с помощью разработанной нами классификации, в основу которой положен размер ран. У каждого модельного дерева измеряли высоту, размер кроны, диаметр у корневой шейки и на высоте 20 см. Эти показатели характеризуют рост здоровых и поврежденных орудиями деревьев (табл. 1).

Таблица 1

Годы наблюдений и прирост за три года	Высота, м	Поперечник кроны, м	Диаметр у корневой шейки, мм	Диаметр на высоте 20 см, мм
Здоровые деревья				
1966	1,30	0,97	24,0	14,9
1967	2,33	1,17	44,8	34,4
1968	3,12	1,42	63,8	50,8
1969	3,60	1,90	81,0	64,6
Прирост за три года, $\frac{\text{абс.}}{\%}$	$\frac{2,3}{100,0}$	$\frac{0,93}{100,0}$	$\frac{57,0}{100,0}$	$\frac{49,7}{100,0}$
Слабо поврежденные деревья				
1966	1,03	0,89	16,0	10,8
1967	1,92	1,06	31,0	24,6
1968	2,70	1,13	44,2	37,8
1969	3,21	1,65	57,2	48,8
Прирост за три года, $\frac{\text{абс.}}{\%}$	$\frac{2,18}{94,7}$	$\frac{0,76}{81,7}$	$\frac{41,2}{72,2}$	$\frac{38,0}{76,4}$
Среднеповрежденные деревья				
1966	0,84	0,48	13,6	8,3
1967	1,39	0,63	20,2	14,2
1968	1,98	0,71	26,6	22,4
1969	2,27	1,03	34,6	27,4
Прирост за три года, $\frac{\text{абс.}}{\%}$	$\frac{1,43}{62,1}$	$\frac{0,55}{59,1}$	$\frac{21,0}{36,8}$	$\frac{19,1}{38,4}$
Сильно поврежденные деревья				
1966	0,61	0,40	9,4	5,6
1967	1,09	0,50	13,9	16,6
1968	1,66	0,71	22,5	19,8
1969	1,99	0,85	31,4	23,4
Прирост за три года, $\frac{\text{абс.}}{\%}$	$\frac{1,38}{60,0}$	$\frac{0,45}{48,3}$	$\frac{22,0}{38,5}$	$\frac{17,8}{36,8}$
Очень сильно поврежденные деревья				
1966	0,60	0,32	9,2	4,8
1967	0,98	0,38	12,1	8,7
1968	1,48	0,55	17,0	11,8
1969	1,81	0,65	21,4	15,6
Прирост за три года, $\frac{\text{абс.}}{\%}$	$\frac{1,21}{52,6}$	$\frac{0,33}{35,4}$	$\frac{12,2}{21,4}$	$\frac{10,8}{21,7}$

Изменение величины ежегодного прироста здоровых деревьев тесно связано с вегетационными условиями года. На размер прироста механически поврежденных экземпляров, кроме этого, влияет степень повреждения и успешность заживления ран.

Слабо поврежденные экземпляры почти не отстают в росте от здоровых, а в некоторые годы даже превосходят их в приросте по высоте и размеру кроны. По-видимому, отставание в росте слабо поврежденных экземпляров носит временный характер.

Деревца, поврежденные в средней и сильной степени, значительно отстают в росте от неповрежденных. Лишь прирост по диаметру у корневой шейки сильно поврежденных растений в последние годы оказался больше, чем у средневредных. Это связано с тем, что наибольшее количество ран на стволах обычно расположено у корневых шеек, и при их заживлении образуются каллюсовые наплывы, которые искажают показатель прироста. Наиболее отстают в росте и развитии очень сильно поврежденные деревья.

Дифференциация в росте вяза мелколистного, вызванная механическими повреждениями, сохраняется на протяжении всего периода наблюдений и, надо полагать, будет иметь место в дальнейшем, особенно у трех последних групп. Если слабо поврежденные деревья по своим показателям близки к здоровым, то повреждения средней степени снижают показатели роста деревьев на 40%. Следовательно, действие их опасно для культур.

Механические повреждения сильной и очень сильной степеней вызывают еще большее снижение прироста (до 78,6—78,3%) и одновременно являются причиной возникновения инфекционных заболеваний.

По нашим данным, в лесных полосах Алексеевского лесничества наиболее часто встречаются повреждения вяза мелколистного средней степени (46,7%); сильной — реже (22,1%); 5,1% растений повреждаются очень сильно.

Агротехнический уход за лесными полосами, направленный на борьбу с сорняками, должен обеспечивать большую сохранность семян от механических повреждений, которые вызывают заметное отставание в росте поврежденных древесных экземпляров и отдалают срок смыкания насаждений.

Поступила 31 августа 1970 г.

УДК 634.0.114.2

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ОСУШЕННЫХ БОЛОТ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ И ИХ ЛЕСОКУЛЬТУРНОЕ ОСВОЕНИЕ

Е. Г. ПОЛЯКОВ, Е. Ю. ПОЛЯКОВА

Полесская агролесомелиоративная опытная станция УкрНИИЛХА

Изучением биологической активности почвы занимались многие ученые [1] — [3], [5] — [8].

Наши исследования проведены в 1967 г. в Сарненском лесхоззаге Ровенской области в условиях осушенного в 1963—1964 гг. болота переходного типа (мокрая суборь В₃). Мощность хорошо разложившегося торфа черного цвета невелика и составляет 0,5—0,7 м. Его рН колеблется от 3,0 до 5,0, увеличиваясь с глубиной почвенного профиля и удалением от канала.

Некоторые метеорологические показатели за вегетационный период 1967 г. (по данным Сарненской метеостанции) приведены в табл. 1. Погодные условия года были довольно благоприятны. Только в начале вегетации было несколько сыро.

Таблица 1

Месяцы	Относительная влажность воздуха, %	Среднесуточная температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Среднее количество осадков по данным 1945—1964 гг., мм
Апрель . . .	74	9,3	69,8	31,9
Май	74	15,8	63,4	55,4
Июнь	70	17,7	49,8	70,0
Июль	65	19,9	3,8	71,2
Август	75	17,9	41,4	60,9
Сентябрь . . .	71	16,2	15,7	48,0
Октябрь	86	10,8	60,6	43,6

Уровень грунтовых вод был всегда ниже вблизи канала, поднимаясь к дневной поверхности по мере удаления от мелиоративной сети. По показателям водомерных колодцев, расположенных вдоль почвенного профиля, колебания уровня составили: в мае—12—34 см, в июле 20—50 см, в августе 75—85 см, в сентябре 94—102 см, в октябре 87—101 см.

Осенью 1966 г. была произведена сплошная вспашка с предварительным и последующим дискованием в шесть следов. Весной 1967 г. под меч Колесова посажена сосна с размещением 2,0 × 0,5 м. Для проведения исследований был заложен почвенный профиль из пяти участков, расположенных в 5, 25; 45; 65 и 85 м от осушительного канала.

Каталаза и инвертаза определены по методике В. Ф. Купревича, общая биохимическая активность по методике В. С. Шумакова и Е. Л. Федоровой и интенсивность выделения CO₂ — по В. И. Штатнову.

Таблица 2

№ пробной площади	Расстояние от канала, м	Полевая биологическая активность («дыхание») почвы, мг CO ₂ с 1 м ² в час				
		в мае	в июле	в августе	в сентябре	в октябре
1	5	21,5	32,0	47,4	16,1	12,5
2	25	12,5	30,5	40,0	12,7	10,9
3	45	7,4	24,4	27,3	10,9	8,1
4	65	1,8	20,5	24,9	8,0	8,0
5	85	1,5	18,6	20,5	6,2	4,7

Интенсивность выделения углекислоты в течение вегетационного периода претерпевает значительные колебания (табл. 2). Энергия продуцирования почвенной углекислоты достигает максимума в конце лета (август), значительно снижаясь в осенние месяцы. Интенсивность «дыхания» почвы во все сроки наблюдений закономерно уменьшается с удалением от осушительного канала. Например, в мае, то есть во время интенсивного роста сосновых культур, на участке, непосредственно примыкающем к мелиоративной сети (5 м), с 1 м² за 1 час выделялось 21,5 мг CO₂, а на удалении 85 м — лишь 1,5 мг CO₂, или в 14 раз меньше. Данные об уровне «дыхания» почвы в полевых условиях свидетельствуют о том, что наиболее благоприятные условия аэрации осушенных почв складываются в небольшой полосе, прилегающей к мелиоративной сети.

В биохимических процессах важная роль принадлежит ферментам. Их источниками в почве являются микрофлора, корневые системы рас-

тений, растительные остатки. Исследования показали, что наиболее высокая активность ферментов приурочена к верхним торфяным горизонтам (табл. 3). В более глубоких горизонтах она, как правило, снижается.

Таблица 3

Расстояние от канала, м	Генетический горизонт	Глубина, см	Каталаза, в мл O ₂ на 100 г абс. сухой почвы при 5-минутной экспозиции			Инвертаза, г инвертного сахара на 100 г абс. сухой почвы		
			май	август	октябрь	май	август	октябрь
5	T ₃₋₄	0—10	268,4	314,7	373,7	11,4	23,9	77,2
	T ₅	10—30	272,0	962,4	335,7	13,2	29,9	34,9
	T ₅	30—50	11,6	151,9	81,6	6,0	18,3	15,6
25	T ₃₋₄	0—12	420,5	334,7	427,7	25,1	20,6	39,0
	T ₅	12—28	195,9	862,5	192,7	33,3	35,2	31,3
	T ₅	28—50	—	856,8	80,1	45,6	16,4	15,4
45	T ₃₋₄	0—10	942,9	379,4	640,0	52,6	57,3	83,6
	T ₅	10—30	1339,8	426,2	626,2	39,7	47,8	29,5
	T ₅	30—50	574,0	88,1	294,0	72,1	30,3	17,2
65	T ₃	0—10	1347,9	654,5	696,5	14,3	5,9	14,5
	T ₄₋₅	10—30	811,8	780,0	334,2	15,3	5,3	40,3
	T ₅	30—50	—	450,0	24,1	7,2	6,0	4,2
85	T ₀₋₁	0—10	1496,0	778,0	729,6	86,6	46,1	65,1
	T ₂₋₃	10—20	650,2	794,0	400,4	22,6	8,6	2,7
	T ₅	20—55	50,0	481,9	109,2	6,2	6,3	16,8

Из данных таблицы видно также, что при увеличении расстояния от осушительного канала активность каталазы повышается. Вероятно, по активности каталазы почв осушенных лесных болот можно судить скорее о направленности биохимических процессов, чем о почвенном плодородии. В динамике активности инвертазы не отмечено каких-либо закономерных изменений.

Торфяные почвы обладают высокой энергией «дыхания» при компостировании, то есть так называемой потенциальной активностью. Даже в лабораторных условиях, где создать природную обстановку можно только приближенно, наблюдается закономерность в изменении потенциальной активности почвы (табл. 4).

Наиболее высокой потенциальной активностью (табл. 4), как правило, характеризуются верхние горизонты почвы.

Среднесуточные показатели в 10 случаях из 15 оказались выше в верхнем слое почвы. Аналогичные данные получены [4] для торфяных почв Центральной Барабы. С увеличением расстояния от осушительного канала общая биохимическая активность почвы несколько возрастает.

Выполненные исследования позволяют констатировать, что осушение повышает биологическую активность болотных почв. Однако действие осушительного канала весьма ограничено. Заметное усиление биологической активности почвы отмечено в верхних горизонтах 45—50-метровой полосы, прилегающей к мелиоративной сети. Наиболее же благоприятные условия для биологической активности почвы при осушении мокрой субори складываются вблизи (25—30 м) осушительного канала. В связи с ограниченным действием каналов на осу-

Таблица 4

Месяцы	Время наблюдений	Общая биохимическая активность, мг CO ₂ на 1 кг абс. сухой почвы в час, при расстоянии от канала, м				
		5	25	45	65	85
Май	День	9,2	28,5	15,6	7,6	24,4
		9,5	13,3	22,7	6,0	10,3
	Ночь	7,8	16,5	14,7	5,3	17,4
		4,0	9,5	18,4	4,6	3,3
Август	В среднем за сутки	8,1	19,3	15,0	6,0	29,6
		6,4	9,4	18,9	5,0	8,9
	День	10,1	7,8	14,6	6,5	19,9
		13,1	26,2	31,6	4,4	6,3
	Ночь	6,1	4,3	8,5	4,1	26,4
		7,2	12,4	15,9	3,2	3,1
Октябрь	В среднем за сутки	7,2	5,3	10,8	5,8	8,4
		8,9	16,1	21,5	4,6	4,7
	День	24,8	23,3	23,4	11,8	36,2
		11,1	23,1	14,2	10,2	6,9
	Ночь	6,8	5,4	5,7	2,4	3,0
		3,7	7,6	3,8	2,2	2,1
	В среднем за сутки	11,4	11,6	11,2	5,1	16,9
		5,8	12,1	6,8	4,6	3,8

Примечание. В числителе данные для горизонта глубиной 0—10 см; в знаменателе 10—30 см.

шенную площадь создаются различные условия для выращивания лесных культур. Это необходимо учитывать при подборе и размещении культивируемых пород на лесокультурной площади, то есть более требовательные породы целесообразно высаживать вблизи каналов (в полосе до 50 м), а по мере удаления от мелиоративной сети культивировать менее требовательные растения. Сказанное относится, в первую очередь, к переходным и низинным болотам с достаточно высоким потенциальным плодородием почв, на которых после мелиорации можно создавать культуры с участием более требовательных пород, чем, например, сосна и береза. Такой подход будет способствовать рациональному использованию осушенных болот и созданию более ценных и продуктивных смешанных насаждений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Вигоров. Особенности каталазы подзолистой почвы. Доклады АН СССР, т. 122, № 6, 1958. [2]. П. А. Власюк, А. В. Манорик. Підвищення біологічної активності ґрунтів під впливом збагачених компостів. Доповіді АН УРСР, № 5, 1955. [3]. Т. Ф. Голуб. Биохимические процессы в целинных и освоенных торфяно-болотных почвах. Журн. «Почвоведение» № 7, 1964. [4]. Ф. И. Козловский. О формах анаэробных процессов в торфяниках Ц. Барабы. Журн. «Почвоведение» № 8, 1959. [5]. В. Ф. Купревич. Вопросы почвенной энзимологии. «Вестник АН СССР» № 4, 1958. [6]. И. М. Курбатов. Ферментативная активность как показатель интенсивности почвенных микробиологических процессов. Тезисы общества почвоведов, Харьков, 1962. [7]. Б. Н. Макаров, В. П. Игнатьева. Биологическая активность некоторых почв Советского Союза (по интенсивности продуцирования CO₂). Доклады АН СССР, № 138, 1961. [8]. А. А. Низова. К вопросу о биологической активности почв. Журн. «Почвоведение» № 10, 1960.

УДК 634.0.5

НОВЫЙ МЕТОД ПЕРЕЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТАКСАЦИИ МОЛОДНЯКОВ

А. С. ТИХОНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Общезвестна проблема таксации молодняков. Хотя в последние годы составляются таблицы хода роста для всех возрастных этапов развития леса, данные по молоднякам не отражают всей совокупности деревьев. Установленный диаметр древостоя далек от среднего, так как экземпляры древесных пород высотой до 1,3 м и немного выше не включаются в перечень деревьев по ступеням толщины на высоте груди. Предложенные разными авторами [1]—[6], [8], [9], [11] методы таксации молодняков трудоемки и недостаточно совершенны.

Мы предлагаем простой метод таксации молодняков с использованием отрицательных ступеней толщины, сущность которого легко понять из следующего примера. Представим, что на некотором участке чистого молодняка проведен сплошной переčet деревьев по диаметрам на высоте ствола 0,1 м (ряд 1, табл. 1). Средний сбег в нижней части ствола от 0,1 до 1,3 м оказался равным 2,5 см на 1 м, то есть на высоте груди диаметр ствола на 3 см меньше, чем на высоте 0,1 м. Тогда распределение тех же деревьев по ступеням толщины на 1,3 м будет выражаться рядом II (табл. 1). Вычисленный средний диаметр этого ряда 5 см является диаметром на 1,3 м ствола, который на высоте 0,1 м имеет вычисленный нами средний диаметр 8 см.

Таким образом, зная сбег p ствола от 0,1 до 1,3 м, можно диаметры на высоте 0,1 м выразить через диаметры на высоте груди ($D_{1,3} = D_{0,1} - 1,2p$). Точность определения диаметра зависит от вариации сбега в нижней части ствола у деревьев различных размеров. По нашим данным, для древостоев основных лесобразующих пород с количеством деревьев 400 шт. на 1 га ошибка составляет менее $\pm 3\%$.

Величина сбега зависит от породы, высоты дерева, сомкнутости древесного полога, типа леса. Хвойные и дуб имеют больший сбег, чем береза, осина и ольха (в среднем 1,43 см на 1 м и 0,87 см). Казалось бы, надо иметь хотя бы две придержки по амплитудам высот отрицательных ступеней толщины. Но расчеты показали, что при величине ступени толщины не менее 0,5 см вычисленный по единой придержке средний диаметр мало отличается от среднего диаметра, определенного с учетом конкретного сбега ствола в отдельном древостое.

По многочисленным измерениям в молодняках (более 4 тыс. стволов) средний сбег в нижней части ствола составил 1,1 см. По формуле

$$h = 1,3 + \frac{d_{1,3}}{p}$$

(где h — предельная высота отрицательной ступени толщины, $d_{1,3}$ — предельный диаметр отрицательной ступени толщины со знаком минус) можно вычислить пределы отрицательных ступеней толщины по высоте. Они оказались бы правильными, если бы связь высоты с отрицательными ступенями толщины выражалась прямой линией. При фактическом построении графика высот получается линия, приближающаяся к параболе. Снятые с нее пределы высот отрицательных ступеней толщины с округлением до 1 см представлены в табл. 2.

Таблица 1

Ряд I			Ряд II		
ступени тол- щины на высоте 0,1 м, см	число деревьев	площадь сечений, м ²	ступени тол- щины на высоте 1,3 м, см	число деревьев	площадь сечений, м ²
2	17	0,0053	-1	17	-0,0013
3	25	0,0177	0	25	0,0000
4	33	0,0415	1	33	0,0026
5	40	0,0785	2	40	0,0126
6	53	0,1499	3	53	0,0374
7	70	0,2694	4	70	0,0880
8	60	0,3016	5	60	0,1178
9	52	0,3308	6	52	0,1471
10	30	0,2356	7	30	0,1155
11	20	0,1901	8	20	0,1005
12	8	0,0905	9	8	0,0509
Итого	342	1,7109	Итого	342	0,6711
Средняя площадь сечения равна $\frac{1,7109}{342} = 0,0050 \text{ м}^2$			Средняя площадь сечения равна $\frac{0,6711}{342} = 0,00196 \text{ м}^2$		
Средний диаметр на высоте 0,1 м составляет 8,0 см			Средний диаметр на высоте 1,3 м составляет 5,0 см		

Таблица 2

Ступень толщины, см	Высота, м, при перечете деревьев по ступеням толщины, см		
	2,0	1,0	0,5
-2,0	Менее 0,3	—	—
-1,5	—	—	Менее 0,1
-1,0	—	Менее 0,7	0,1 — 0,49
-0,5	—	—	0,5 — 0,99

Из таблицы следует, что при перечете по 2-сантиметровым ступеням толщины экземпляры высотой менее 0,3 м должны относиться к ступени — 2,0. В нулевой ступени будут отмечаться деревья высотой 0,3 м и выше, но с диаметром на высоте груди до 1,0 см.

При перечете по 1-сантиметровым ступеням толщины к отрицательной ступени — 1,0 будут отнесены экземпляры высотой менее 0,7 м, а к нулевой — более высокие с диаметром на высоте груди менее 0,5 см. Как отмечал Н. В. Третьяков [10] и доказал В. С. Моисеев [6], ступень 0,5 см следует принимать за 1-сантиметровую.

Если перечет деревьев проводится по полусантиметровым ступеням толщины, то отрицательных ступеней может быть три: полтора-сантиметровая, в которую попадают экземпляры высотой менее 0,1 м; сантиметровая, куда входят деревья высотой от 0,1 до 0,49 м, и полу-сантиметровая, включающая экземпляры высотой от 0,5 до 0,99 м. Деревья высотой 1,0 м и выше, но тоньше 0,25 см на высоте 1,3 м, относятся к нулевой ступени.

Использование отрицательных ступеней толщины позволяет более верно представить строение молодняков. На рис. 1 изображены кривые распределения деревьев по толщине в 4-летнем осиннике войничковом 1, в 7-летних культурах дуба 2, в 15-летнем березнике злаково-сфагновом 3 и в 15-летнем сосняке-верещатнике 4. При обычном перечете только по положительным ступеням толщины кривые распреде-

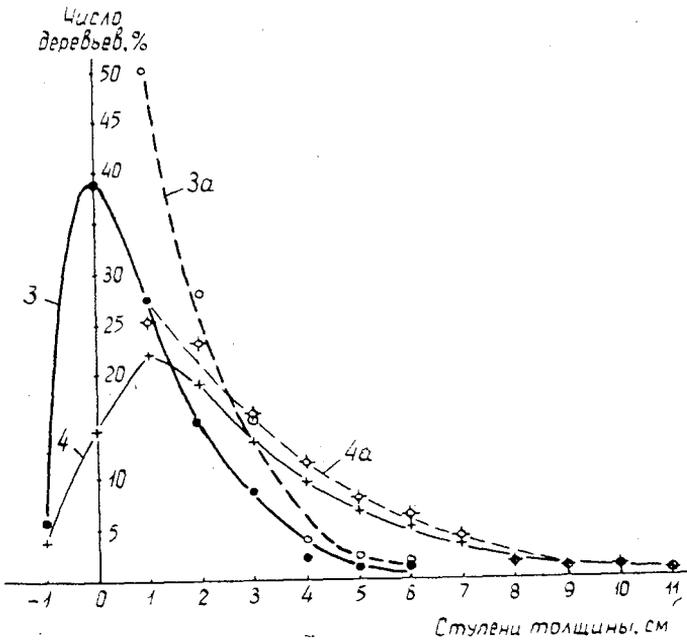
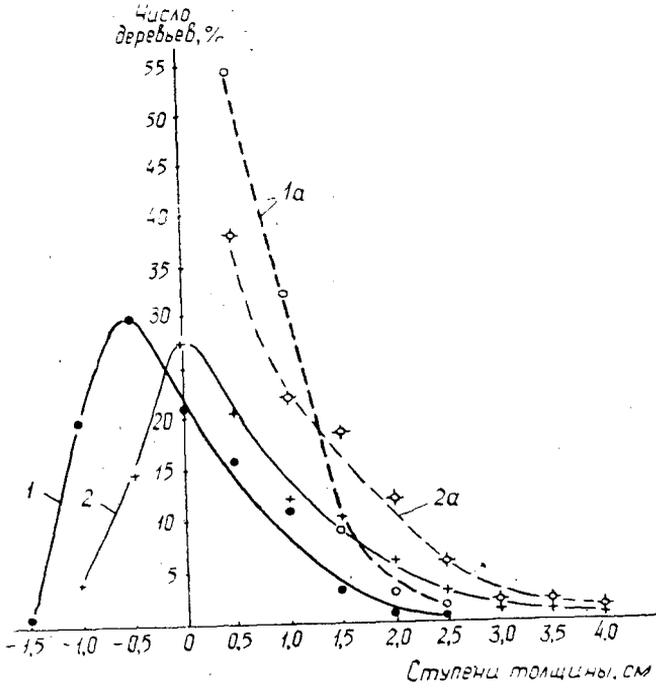


Рис. 1.

ления деревьев по толщине 1а, 2а, 3а, 4а представляют собой гиперболы, а при перечете по положительным и отрицательным ступеням толщины кривые распределения 1, 2, 3, 4 приближаются к кривым Пирсона, наиболее точно отражающим распределение деревьев по толщине в молодняках [7].

Техника перечислительной таксации заключается в обычном перечете деревьев по ступеням толщины на высоте 1,3 м с помощью мерной вилки или штангенциркуля. Деревья, не достигшие высоты 1,3 м, измеряют по высоте с помощью палочки, на которой вырезаны пределы отрицательных ступеней толщины, и точкуют в общую ведомость перечета деревьев по диаметру ствола на высоте груди. Средний диаметр вычисляют по алгебраической сумме площадей сечений, как показано в табл. 1. Среднюю высоту определяют по графику высот.

Абсолютную полноту получают суммированием площадей сечений стволов только положительных ступеней толщины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Л. Дворецкий. О показателях среднего дерева древостоя. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1963. [2]. Д. И. Дерябин. Изменение структуры и прироста насаждений под воздействием рубок ухода за лесом. Сборник работ по лесному хозяйству, ВНИИЛМ, вып. 49, 1964. [3]. В. М. Иванюта. Измерительная таксация леса. Гослесбумиздат, М., 1964. [4]. А. А. Корчагин. Еловые леса Западного Припятья в бассейне р. Мезенской Пижмы. Ученые записки Ленинградского государственного университета. Очерки по растительному покрову СССР, 2, 1956. [5]. Ю. Кравчук. К методике изучения лесных культур в молодом возрасте. Журн. «Земледелие и животноводство Молдавии» № 12, 1960. [6]. В. С. Моисеев. Изучение строения и роста молодых насаждений. Труды ЛТА, вып. 104, 1966. [7]. В. С. Моисеев, В. А. Юденков. Основные закономерности рядов распределения деревьев молодняков по ступеням толщины. Материалы к научно-технической конференции лесохозяйственного факультета ЛТА, 1969. [8]. Х. К. Ребане. Формирование листовенно-еловых молодняков, их биологические особенности и рубки ухода в южной части Эстонской ССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Тарту, 1963. [9]. А. И. Стратонович. Возобновление еловых насаждений Паше-Капицкой дачи Паше-Капицкого учебно-опытного лесничества. Записки лесной опытной станции ЛСХИ, вып. 4, 1928. [10]. Н. В. Третьяков. Закон единства в строении насаждений. Изд-во «Новая деревня», М.—Л., 1927. [11]. Н. В. Третьяков. Метод исследования динамики древостоев данного типа леса. Труды ЛТА, вып. 73, 1936.

Поступила 16 февраля 1970 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 531.8

**ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ
НА ТЯГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПОДАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ**

С. А. БОРОВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

Усилие продольной подачи сучкорезных и окорочных станков зависит от породы, диаметра и влажности древесины ствола. Теоретический анализ показал, что сила сцепления Q и коэффициент сцепления f подающего элемента находятся в определенной зависимости от усилия прижима P , геометрических характеристик элемента и параметров контактирования. Экспериментальные исследования тяговых характеристик 16 вариантов стальных элементов пяти геометрических типов (рис. 1, табл. 1), проведенные на образцах неокоренной ели,

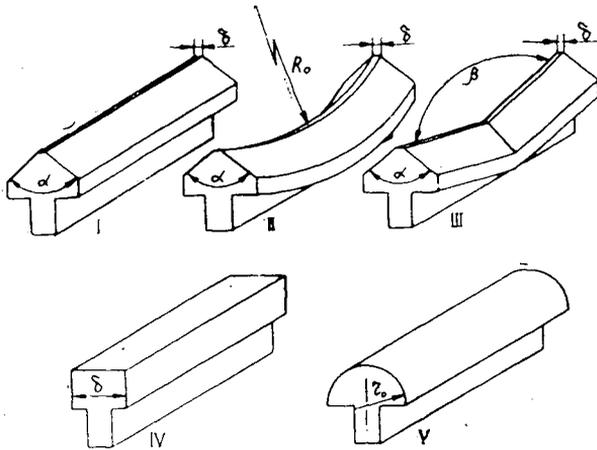


Рис. 1.

подтвердили результаты анализа. Исследования выполнены в диапазоне изменений усилия прижима от 735 до 20000 н. Методика исследований рассмотрена нами ранее [1]. Особенности влияния древесины лиственной породы на тяговые характеристики исследованы на образцах из неокоренной осины. Получены следующие результаты.

1. Для всех элементов с увеличением усилия прижима сила сцепления возрастает, а коэффициент сцепления снижается (в интервале от 0,8 до 0,2).
2. При $P = \text{const}$ с уменьшением значений α , δ , r_0 величины Q и f возрастают. Для V-образных (№ 9, 10) и изогнутого (№ 8) элементов Q и f больше, чем для соответствующего прямого (№ 4).

3. Наибольшие значения предельной силы сцепления $Q_{кр}$ соответствуют элементам, для которых одновременно характерны большие значения критических нагрузок: общей — $P_{кр}$ и удельной — $q_{кр}$ [1]. Оптимальные тяговые характеристики соответствуют V-образному элементу № 9 (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики	Типы и варианты элементов															
	I							II	III		IV			V		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
α , град	60	90	120	135	135	135	135	135	135	135	—	—	—	—	—	—
δ , мм	2	2	2	2	5	10	20	2	2	2	10	30	60	—	—	—
R_0 , мм	—	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—	—	—	—	—
β , град	—	—	—	—	—	—	—	—	130	150	—	—	—	—	—	—
r_0 , мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	15	30

Необходимо отметить, что установленные для осины значения текущих и предельных тяговых характеристик, а также закономерности их изменения, в целом соответствуют ранее полученным данным для ели. Различия незначительны по величине. Для получения обобщенных данных были дополнительно исследованы тяговые характеристики оптимального варианта (№ 9) на образцах из неокоренной сосны и березы. По свойствам образцы из всех четырех пород соответствовали свежесрубленным. Характеристики образцов приведены в табл. 2, а полученные тяговые характеристики — в табл. 3 (γ_{15} — объемный вес; W_a — влажность; σ — среднее квадратическое отклонение; $\sigma_{1,2}$ — основная ошибка корреляционного уравнения).

Таблица 2

Характеристики образцов	Размерность	Порода			
		ель	сосна	осина	береза
γ_{15} древесины	кн·м ⁻³	4,4 — 4,8	4,7 — 4,9	4,3 — 4,8	6,5 — 6,8
W_a древесины	%	120 — 170	120 — 140	100 — 140	80 — 90
W_a коры	"	120 — 160	130 — 150	110 — 140	80 — 100

Примечание. Диаметр образцов 25 ± 1 см; длина 100 ± 1 см.

Таблица 3

Порода	$P_{кр} \pm \sigma$	$Q_{кр} \pm \sigma$	$f = \Psi(P);$	R, n
Ель	$18,7 \pm 0,56$	$7,3 \pm 0,29$	$f = 1,86 \cdot P^{-0,159};$	$\sigma_{1,2} = \pm 0,02$
Сосна	$18,4 \pm 0,63$	$6,2 \pm 0,24$	$f = 0,34 + 275P^{-1};$	$\sigma_{1,2} = \pm 0,012$
Осина	$19,0 \pm 0,65$	$7,5 \pm 0,24$	$f = 2,27 \cdot P^{-0,176};$	$\sigma_{1,2} = \pm 0,022$
Береза	$20,6 \pm 0,51$	$8,8 \pm 0,29$	$f = 3,62 \cdot P^{-0,215};$	$\sigma_{1,2} = \pm 0,018$

Анализ полученных результатов показывает следующее.

1. Для хвойных (ель, сосна) и лиственных (осина, береза) пород зависимости тяговых характеристик от силовых и геометрических факторов подобны.

2. При изменении усилия прижима от 735 до 20 000 н наибольшие значения f у березы (0,88—0,43), наименьшие — у сосны (0,53—0,34); для ели и осины они почти совпадают и занимают промежуточное положение (0,67—0,38). Аналогично распределены значения $P_{кр}$ и $Q_{кр}$. Увеличение значений Q , f , $P_{кр}$ и $Q_{кр}$ для березы обусловлено повышенным объемным весом древесины и коры, что увеличивает коэффициент трения μ и несущую способность древесины. Уменьшение значений Q (f) для сосны связано, видимо, со снижением μ из-за повышенного содержания смолистых веществ в коре.

Если принять, что при прижиге прямого прямоугольного элемента удельные давления на площади контакта с образцом диаметра D пропорциональны глубине внедрения, то без учета сил трения по вертикальным граням

$$P = \frac{4}{3} \sqrt{D \cdot h} \cdot \delta \cdot p_m, \quad (1)$$

где δ и h — ширина основания и глубина внедрения элемента;
 p_m — максимальное удельное давление.

Из выражения (1) следует, что при изменении диаметра от D_1 до D_2 и неизменных свойствах образца при $P = \text{const}$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{p_{m2}}{p_{m1}} = \sqrt[3]{\frac{L_1}{D_2}}. \quad (2)$$

Соответственно, для относительного изменения номинальной площади контакта получаем

$$\frac{S_2}{S_1} \approx \sqrt[3]{\frac{D_2}{D_1}}. \quad (3)$$

Следовательно, при $P = \text{const}$ с увеличением диаметра h и p_m уменьшаются, а S возрастает. Причем h , p_m и S изменяются медленнее, чем диаметр. Подобная зависимость характерна и для других типов элементов. Известно, что между значениями S и μ существует положительная связь [2]. При определенных условиях аналогичная связь должна быть между диаметром образца и силой сцепления, что следует из выражения (3).

На рис. 2 приведены графики, показывающие зависимость Q от D при $P = \text{const}$. Графики построены по данным корреляционных уравнений $Q = \Phi(P)$, полученных при исследованиях тяговых характеристик V-образного элемента № 9 на образцах неокоренной свежесрубленной ели диаметром 15, 20, 25, 31 и 39 см. Штриховая линия показывает изменение предельной силы сцепления $Q_{кр}$. Из приведенных графиков видно, что положительная связь между значениями D и Q наблюдается в основном при средних и больших усилиях прижима для диаметров $D < 25 \div 30$ см. Уменьшение приращения Q при больших диаметрах обусловлено, видимо, снижением μ из-за возрастания составляющей граничного трения в условиях взаимодействия элемента с влагонасыщенным лубом при более низких давлениях [2]. На основании выражений (1) и (2) и принятых допущений зависимость $P_{кр}$ от D определится соотношением

$$\frac{P_{кр2}}{P_{кр1}} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}. \quad (4)$$

Можно показать, что геометрия большинства элементов мало влияет на эту зависимость. При исследованиях элемента № 9 на еловых

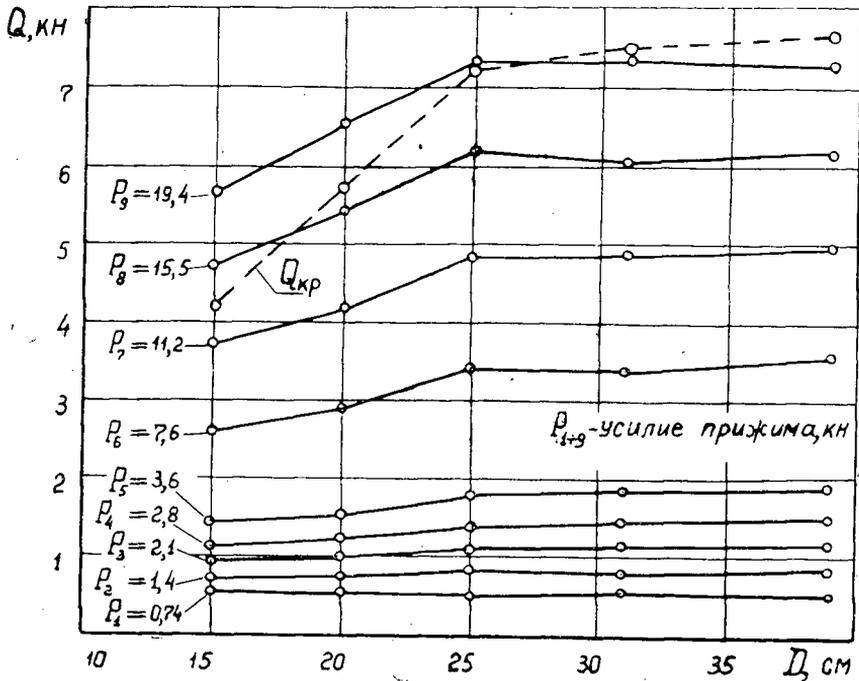


Рис. 2.

образцах диаметром 15, 20, 25, 31 и 39 см получено корреляционное уравнение (D , см)

$$P_{кр} = -9,5D^2 + 902 \cdot D + 2160 \text{ н}, \quad \sigma_{1,2} = \pm 370 \text{ н}. \quad (5)$$

Результаты расчета относительного изменения $P_{кр}$, выполненные по выражениям (4) и (5), отличаются незначительно (в пределах $\pm 7-10\%$). Для осины получены аналогичные закономерности.

Известно, что фрикционные характеристики контактируемых тел зависят от физико-механических свойств и состояния поверхностей [2], физико-механические свойства древесины и коры — от влажности [3]. Для установления характера влияния влагосодержания на тяговые показатели были экспериментально исследованы тяговые характеристики элемента № 4 на образцах ели и осины воздушно сухих, свежесрубленных и сплавных. Диаметр образцов 25 ± 1 см. Влажность древесины и коры еловых образцов: воздушно сухих 20—26 и 17—20%, сплавных — 160—180 и 250—280% (соответственно).

Таблица 4

Состояние образцов	$P_{кр} \pm \sigma$, кН	$Q_{кр} \pm \sigma$, кН	$f = \Psi(P)$; P , н
Сплавные	$16,3 \pm 0,39$	$3,8 \pm 0,25$	$f = 2,91P^{-0,26}$; $\sigma_{1,2} = \pm 0,02$
Свежесрубленные	$17,7 \pm 0,78$	$5,6 \pm 0,21$	$f = 0,72 \cdot 10^{-9} P^2 - 0,302 \cdot 10^{-4} P + 0,62$; $\sigma_{1,2} = \pm 0,02$
Воздушно сухие	$18,2 \pm 0,42$	$7,2 \pm 0,28$	$f = 1,75 \cdot P^{-0,151}$; $\sigma_{1,2} = \pm 0,022$

Исследованиями установлено, что для образцов из сплавной древесины характерно уменьшение значений Q , f , $P_{кр}$, $Q_{кр}$, а для воздушно сухих — увеличение (относительно свежесрубленных, табл. 4). При средних и больших усилиях прижима коэффициент сцепления для воздушно сухих образцов в 1,6—1,8 раза больше, чем для сплавных. Уменьшение тяговых характеристик для образцов сплавного состояния обусловлено уменьшением прочностных свойств коры, адгезии коры к древесине и коэффициента трения. Наоборот, для воздушно сухих образцов эти показатели возрастают. Экспериментальные исследования проводили при температуре $+16 \div 18^\circ\text{C}$.

Выводы

1. Для хвойных и лиственных пород с увеличением усилия прижима элемента коэффициент сцепления уменьшается.
2. При изменении диаметра величина критического усилия прижима изменяется по параболическому закону.
3. Для обеспечения оптимальных тяговых характеристик в гусеничных движителях необходимо применять V-образные трапециевидные элементы.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. А. Боровский. К расчету силовых параметров прижима и определению оптимальных продольных характеристик подающих элементов гусеничного движителя. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1966. [2]. И. В. Крагельский и др. Коэффициенты трения. М., Машгиз, 1962. [3]. Н. Л. Леонтьев. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины. М., Гослесбумиздат, 1962.

Поступила 18 июня 1970 г.

УДК 531.8

РАСЧЕТ БАЛОК КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ НА УПРУГО-ВЯЗКОМ ВЕСОМОМ ОСНОВАНИИ ПРИ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКЕ

Б. В. УВАРОВ

Архангельский лесотехнический институт

В статье изложен один из методов расчета балок конечной длины на упруго-вязком весоми основании при подвижной нагрузке и приведены некоторые результаты конкретных расчетов.

Используя уравнение изогнутой оси балки постоянного сечения [4], рассматриваемую задачу можно свести к следующему интегро-дифференциальному уравнению:

$$\begin{aligned} \omega(x, t) = & \omega(0, t) + \varphi(0, t) x + \frac{1}{2EI} M(0, t) x^2 + \frac{1}{6EI} Q(0, t) x^3 + \\ & + \frac{P}{6EI} (x - vt)^3 u(x - vt) - \frac{b}{6EI} \int_0^x \left[m \frac{d^2\omega(\epsilon, t)}{dt^2} + \right. \\ & \left. + \mu \frac{d\omega(\epsilon, t)}{dt} + f(\epsilon, t) \right] (x - \epsilon)^3 d\epsilon, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$\omega(x, t)$ — осадка балки;
 EI — жесткость балки;

- b — ее ширина;
 m — масса балки, приходящаяся на единицу площади опирания;
 μ — коэффициент, характеризующий сопротивление основания, пропорциональное первой производной по времени от осадки, в расчете на единицу площади опирания. В дальнейшем условимся называть μ коэффициентом вязкости основания;
 $f(x, t)$ — неизвестная функция, определяющая упругое и инерционное сопротивление основания. Конкретный вид функции зависит от вида принятой модели основания, его деформативных и инерционных свойств;
 P — величина сосредоточенной движущейся нагрузки;
 v — скорость движения;
 $u(x)$ — единичная функция;
 $\omega(0, t); \varphi(0, t); M(0, t); Q(0, t)$ — начальные параметры балки, определяемые способом опирания ее на концах.

К уравнению (1) следует добавить начальные условия

$$\omega(x, 0) = 0; \quad \frac{d\omega(x, t)}{dt} = 0 \Big|_{t=0}.$$

В уравнении (1) выполним преобразование Лапласа по t . Если есть возможность представить изображение функции $f(x, t)$ в виде $\bar{f}(x, s) = K(s)\bar{\omega}(x, s)$, уравнение (1) в пространстве изображений Лапласа может быть с учетом начальных условий записано так:

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(x, s) + \frac{b[ms^2 + \mu s + k(s)]}{6EI} \int_0^x \bar{\omega}(\varepsilon, s) (x - \varepsilon)^3 d\varepsilon = \bar{\omega}(0, s) + \\ + \bar{\varphi}(0, s)x + \frac{1}{2EI} \bar{M}(0, s)x^2 + \frac{1}{6EI} \bar{Q}(0, s)x^3 + \\ + \frac{P}{6EI} \left(\frac{x^3}{s} - \frac{3vx^2}{s^2} + \frac{6v^2x}{s^3} - \frac{6v^3}{s^4} + \frac{6v^3}{s^4} e^{-\frac{x}{v}s} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Если обозначить

$$v^4 = - \frac{[ms^2 + \mu s + k(s)] b}{EI},$$

то выражение (2) можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(x, s) - \frac{v^4}{6} \int_0^x \bar{\omega}(\varepsilon, s) (x - \varepsilon)^3 d\varepsilon = \bar{\omega}(0, s) + \bar{\varphi}(0, s)x + \\ + \frac{1}{2EI} \bar{M}(0, s)x^2 + \frac{1}{6EI} \bar{Q}(0, s)x^3 + \frac{P}{6EI} \left(\frac{x^3}{s} - \frac{3vx^2}{s^2} + \right. \\ \left. + \frac{6v^2x}{s^3} - \frac{6v^3}{s^4} + \frac{6v^3}{s^4} e^{-\frac{x}{v}s} \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Выражение (3) является интегральным уравнением Вольтерра и может быть без труда решено. Революгентное ядро этого уравнения, найденное методом итерированных ядер [5], равно

$$\Gamma(x, \epsilon, \nu) = \frac{3}{v^3} [\operatorname{sh} \nu(x - \epsilon) - \sin \nu(x - \epsilon)]. \quad (4)$$

Следовательно, решение интегрального уравнения (3) имеет вид

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(x, s) = & \bar{\omega}(0, s) + \bar{\varphi}(0, s)x + \frac{1}{2EI} \bar{M}(0, s)x^2 + \frac{1}{6EI} \bar{Q}(0, s)x^3 + \\ & + \frac{P}{6EI} \left(\frac{x^3}{s} - \frac{3vx^2}{s^2} + \frac{6v^2x}{s^3} - \frac{6v^3}{s^4} + \frac{6v^3}{s^4} e^{-\frac{x}{v}s} \right) + \\ & + \frac{1}{2} \nu \int_0^x [\operatorname{sh} \nu(x - \epsilon) - \sin \nu(x - \epsilon)] \left[\bar{\omega}(0, s) + \bar{\varphi}(0, s)\epsilon + \frac{1}{2EI} \bar{M}(0, s)\epsilon^2 + \right. \\ & \left. + \frac{1}{6EI} \bar{Q}(0, s)\epsilon^3 + \frac{P}{6EI} \left(\frac{\epsilon^3}{s} - \frac{3v\epsilon^2}{s^2} + \frac{6v^2\epsilon}{s^3} - \frac{6v^3}{s^4} + 6 \frac{v^3}{s^4} e^{-\frac{\epsilon}{v}s} \right) \right] d\epsilon. \end{aligned}$$

После интегрирования, подстановки

$$\nu = (i + 1) \sqrt[4]{\frac{b[ms^2 + \mu s + k(s)]}{4EI}} = (i + 1) \lambda \quad (5)$$

и несложных преобразований получим

$$\begin{aligned} \bar{\omega}(x, s) = & \bar{\omega}(0, s) A(x) + \frac{1}{2\lambda} \bar{\varphi}(0, s) B(x) + \frac{1}{2\lambda^2} \bar{M}(0, s) C(x) + \\ & + \frac{1}{4\lambda^3} \bar{Q}(0, s) D(x) + \frac{P}{2EI(s^4 + 4\lambda^4 v^4)} \left[\frac{s^3}{2\lambda^3} D(x) - \frac{vs^2}{\lambda^2} C(x) + \right. \\ & \left. + \frac{v^2 s}{\lambda} B(x) - 2v^3 A(x) + 2v^3 e^{-\frac{x}{v}s} \right], \quad (6) \end{aligned}$$

где обозначено

$$\begin{aligned} A(x) &= \operatorname{ch} \lambda x \cos \lambda x; \\ B(x) &= \operatorname{sh} \lambda x \cos \lambda x + \operatorname{ch} \lambda x \sin \lambda x; \\ C(x) &= \operatorname{sh} \lambda x \sin \lambda x; \\ D(x) &= \operatorname{ch} \lambda x \sin \lambda x - \operatorname{sh} \lambda x \cos \lambda x. \end{aligned}$$

Решение (6) является лапласовским изображением осадки балки. Последовательным дифференцированием его по x получаем выражения для изгибающего момента и перерезывающей силы в пространстве изображений Лапласа

$$\begin{aligned} \bar{M}(x, s) = & -2\lambda^2 EI \bar{\omega}(0, s) C(x) - \lambda EI \bar{\varphi}(0, s) D(x) + EI \bar{M}(0, s) A(x) + \\ & + \frac{EI}{2\lambda} \bar{Q}(0, s) B(x) + \frac{P}{s^4 + 4\lambda^4 v^4} \left[\frac{s^3}{2\lambda} B(x) - vs^2 A(x) - \lambda v^2 s D(x) + \right. \\ & \left. + 2\lambda^2 v^3 C(x) + vs^2 e^{-\frac{x}{v}s} \right]; \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{Q}(x, s) = & -2\lambda^3 EI \bar{\omega}(0, s) B(x) - 2\lambda^2 EI \bar{\varphi}(0, s) C(x) - \\ & - EI \lambda \bar{M}(0, s) D(x) + EI \bar{Q}(0, s) A(x) + \frac{P}{s^4 + 4\lambda^4 v^4} \left[s^3 A(x) + \right. \\ & \left. + \lambda vs^2 D(x) - 2\lambda^2 v^2 s C(x) + 2\lambda^3 v^3 B(x) - s^3 e^{-\frac{x}{v}s} \right]. \quad (8) \end{aligned}$$

Трансформанту Лапласа реакции грунта можно найти умножением выражения (6) на $k(s) + \mu s$

$$\bar{p}(x, s) = [k(s) + \mu s] \bar{\omega}(x, s). \quad (9)$$

Изображения Лапласа начальных параметров $\bar{\omega}(0, s)$; $\bar{\varphi}(0, s)$; $\bar{M}(0, s)$ и $\bar{Q}(0, s)$ определяются из условий опирания балки на концах. Рассмотрим случай балки со свободными концами. При этом имеем для всех t

$$M(0, t) = M(l, t) = Q(0, t) = Q(l, t) = 0.$$

Отсюда следует, что

$$\bar{M}(0, s) = \bar{M}(l, s) = \bar{Q}(0, s) = \bar{Q}(l, s) = 0.$$

Приравнивая выражения (7) и (8) нулю при $x = l$, где l — длина балки, легко найти $\bar{\omega}(0, s)$ и $\bar{\varphi}(0, s)$ из системы двух уравнений. Имеем

$$\bar{\omega}(0, s) = \frac{P}{2\lambda^3 EI (s^4 + 4\lambda^4 v^4)} \frac{2\lambda C(l) \alpha(s) - D(l) \beta(s)}{2C^2(l) - D(l) B(l)}; \quad (10)$$

$$\bar{\varphi}(0, s) = \frac{P}{\lambda^2 EI (s^4 + 4\lambda^4 v^4)} \frac{C(l) \beta(s) - \lambda B(l) \alpha(s)}{2C^2(l) - D(l) B(l)}. \quad (11)$$

В этих выражениях

$$\alpha(s) = \frac{s^2}{2\lambda} B(l) - v s^2 A(l) - \lambda v^2 s D(l) + 2\lambda^2 v^3 C(l) + v s^2 e^{-\frac{l}{v} s};$$

$$\beta(s) = s^3 A(l) + \lambda v s^2 D(l) - 2\lambda^2 v^2 s C(l) + 2\lambda^3 v^3 B(l) - s^3 e^{-\frac{l}{v} s}.$$

Очевидно, что при других условиях опирания балки на концах решение аналогично.

Действительные значения осадки, момента, перерезывающей силы и реакции основания в любой момент времени и в любой точке балки можно получить, применив к выражениям (6) — (9) формулу обращения Лапласа. Таким образом, задача сводится к отысканию зависимости $k(s)$, определяемой типом основания.

Рассмотрим винклеровское основание с коэффициентом постели C . Основание будем считать весомым с плотностью массы ρ . Модель такого основания можно представить состоящей из большого числа не связанных друг с другом вертикально расположенных стержней длиной h . На верхние концы стержней опирается балка, а нижние заделаны неподвижно. Стержневая модель основания была описана в работах Б. Г. Коренева [3] и В. П. Виксне [1] и неоднократно использовалась позднее.

Теоретически h равно бесконечности, однако в практических расчетах длину стержней следует принимать в соответствии с толщиной деятельного слоя основания.

Массу единицы объема материала стержней будем считать равной ρ , а модуль упругости E . Последний связан с коэффициентом постели основания зависимостью

$$E = Ch. \quad (12)$$

Искомая зависимость $k(s)$ в рассматриваемом случае имеет вид [6]

$$k(s) = s \sqrt{C \rho h} \operatorname{cth} s \sqrt{\frac{h \rho}{C}}.$$

Следовательно, в соответствии с формулой (5)

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{b(ms^2 + \mu s + s\sqrt{C\rho h} \operatorname{cth} s\sqrt{\frac{h\rho}{C}})}{4EI}} \quad (13)$$

Из-за значительной сложности выражений (6) — (9) непосредственное применение к ним формулы обращения затруднительно. Рационально поэтому воспользоваться каким-либо способом численного обращения Лапласа, например методом, предложенным А. Папулисом [2].

Задача численного обращения выражений (6) — (9) запрограммирована для ЭЦВМ по методике, описанной ранее [6]. Программа составлена на алгоритмическом языке «АКИ». Реализация программы позво-

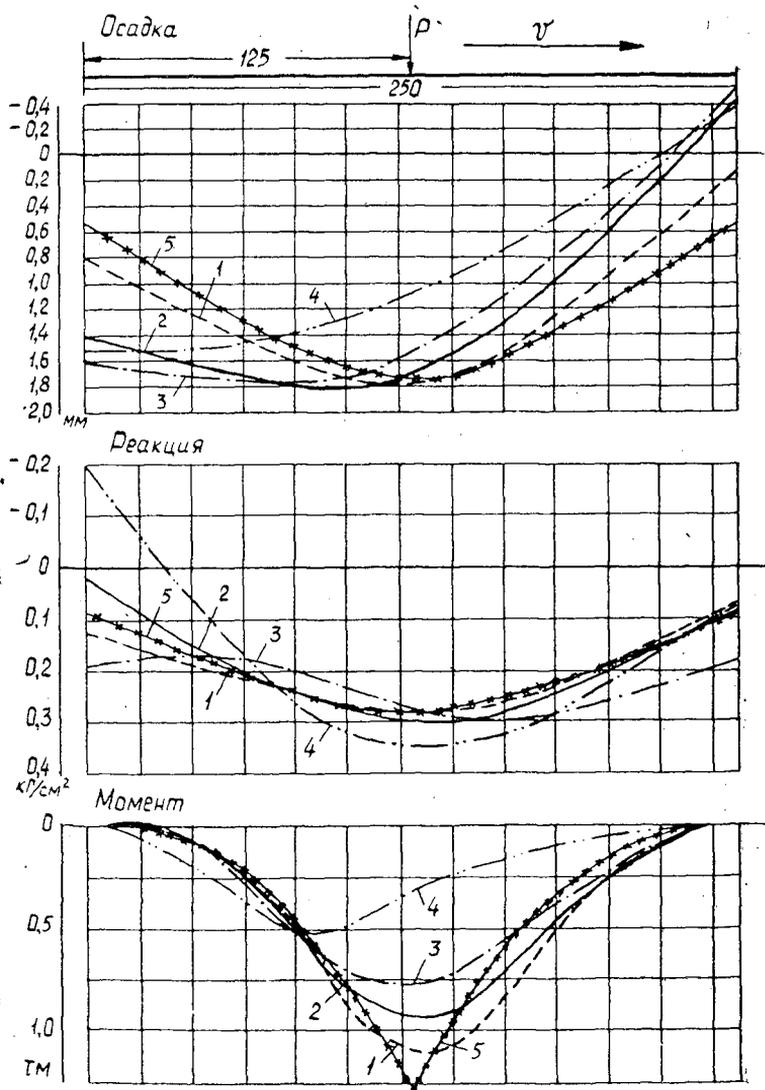


Рис. 1.

1 — $v = 5$ км/час; 2 — $v = 20$ км/час; 3 — $v = 40$ км/час;
4 — $v = 80$ км/час; 5 — $v = 0$ км/час.

ляет получить значение осадки балки, изгибающего момента, перерезывающей силы и реакции основания для любого числа заданных конкретных значений x и t . При одном вводе программы можно решить неограниченное количество вариантов по исходным параметрам C , μ и v . Результат расчета имеет 3—4 точных знака, машинное время на один вариант (для одного значения x) составляет около 1 сек.

По указанной выше программе на ЭЦВМ «Минск-22» было выполнено большое количество вычислений применительно к железобетонным плитам колеиных покрытий лесовозных дорог. Эти плиты обычно рассчитывают как балки на упругом основании.

На рис. 1 приведены результаты расчета для одного конкретного случая. В приведенном примере приняты следующие численные значения исходных величин: $l = 250$ см; $b = 100$ см; $EI = 3,91 \cdot 10^9$ кг·см²; $C = 1,6$ кг/см³; $m = 0,0000306$ кг·сек²/см³; $h = 300$ см; $\rho = 0,0000018$ кг·сек²/см⁴; $\mu = 0,08$ кг·сек²/см³; $P = 5000$ кг — нормативная нагрузка на заднее колесо автомобиля МАЗ-501.

Приведенные на рис. 1 данные соответствуют тому моменту времени, когда нагрузка находится в центре балки. Рассмотрено четыре значения скорости движения: $v = 5, 20, 40$ и 80 км/час. Для сравнения приведены также результаты статического расчета ($v = 0$).

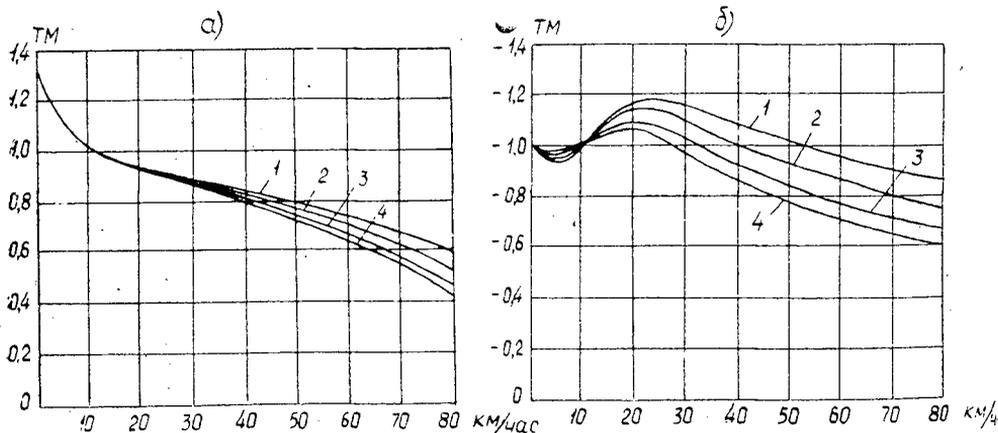


Рис. 2.

1 — $\mu = 0,02$ кг·сек²/см³; 2 — $\mu = 0,04$ кг·сек²/см³;
3 — $\mu = 0,06$ кг·сек²/см³; 4 — $\mu = 0,08$ кг·сек²/см³.

На рис. 2 приведены полученные расчетом зависимости положительных (а) и максимальных отрицательных (б) и (в) изгибающих моментов от скорости движения. Рис. 2, а соответствует моменту, когда нагрузка приложена в центре, рис. 2, б — на расстоянии 16,5 см от прини-

мающего конца балки или в центре расположенного на конце плиты отпечатка колеса автомобиля МАЗ-501, на рис. 2, в — нагрузка на сдающем конце.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. П. Виксне. О колебаниях балок, лежащих на упруго-массивном основании. Сб. «Вопросы динамики и динамической прочности», Машгиз, 1954. [2]. Г. Дёч. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. М., 1965. [3]. Б. Г. Коренев. Некоторые задачи теории упругости и теплопроводности, решаемые в бесселевых функциях. Физматгиз, 1960. [4]. Ш. Е. Микеладзе. Некоторые задачи строительной механики. М.—Л., 1948. [5]. С. Г. Михлин. Интегральные уравнения. М., 1947. [6]. Б. В. Уваров, Р. Л. Коровкин. Расчет балок на упругом основании, работающих в условиях динамического нагружения. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970.

Поступила 2 сентября 1970 г.

УДК 627.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЖЕКТОРНОГО ТИПА (ЭГУ)

Н. И. КОЗЛЕНКОВ

Марийский политехнический институт

Гидравлические ускорители эжекторного типа (ЭГУ) предназначены для создания искусственного потока на акваториях тиховодных рейдов, в бассейнах и гидравлических лотках. ЭГУ могут использоваться на различных технологических операциях в комплексе с другими машинами лесосплава и в трубопроводном гидротранспорте лесоматериалов.

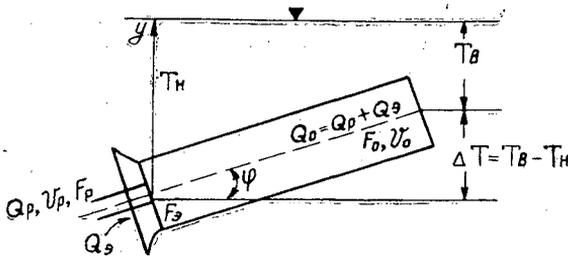


Рис. 1.

Рабочий процесс цилиндрического ЭГУ (рис. 1) описывается законами импульсов и сохранения массы. Уравнение эжекторного ускорителя имеет вид

$$m + \frac{m^2 l_n \sin \varphi}{2h} - nq^2 \left(1 - \frac{n}{2}\right) = (q + 1)^2, \tag{1}$$

где $m = \frac{F_0}{F_p}$; $n = \frac{F_0}{F_e}$; $h = \frac{v_p^2}{2g}$; $q = \frac{Q_e}{Q_p}$;

Q, v, F — расход и скорость в соответствующем сечении аппарата;

ρ — массовая плотность воды;

l, \bar{l} — абсолютные и относительные осевые размеры аппарата;

q — коэффициент эжекции;

φ — угол наклона оси ЭГУ (плюс — в первой четверти и минус — в четвертой).

Здесь и далее индексы р, э, о, ц, д относятся соответственно к рабочей, эжектируемой и смешанной жидкости на выходе из рабочего насадка, цилиндрической камеры смешения или диффузора.

Исходя из оптимальности коэффициента эжекции, рабочий насадок целесообразно располагать вне камеры смешения $l_p < 0$, тогда $F_э = \infty$, $v_э = 0$, $n = 0$, и уравнение (1) принимает вид

$$v_p^2 = m (v_0^2 - g l_{ц} \sin \varphi). \quad (2)$$

Экспериментальная проверка уравнений (1) и (2) показывает, что удовлетворительная сходимость с результатами опытов наблюдается только при определенных условиях, когда осевые размеры аппарата (длина цилиндрической камеры смешения $l_{ц}$ и отстояние рабочего насадка l_p) имеют оптимальные значения, а заглубление аппарата под свободную поверхность превышает некоторую критическую величину. Кроме того, уравнения (1) и (2) описывают рабочий процесс только цилиндрического ЭГУ (без диффузора).

Современный уровень развития гидромеханики, к сожалению, не дает надежного теоретического решения комплексной задачи, отражающей сложную взаимосвязь и влияние разнообразных факторов на рабочий процесс струйного аппарата. В связи с этим возникла необходимость проведения систематических экспериментальных исследований с целью количественной оценки влияния осевых размеров и профилированных элементов аппарата, заглубления ЭГУ и экранирования свободной поверхности. Представляет практический интерес исследование структуры потока на выходе из ЭГУ, что дает возможность сопоставлять различные типы гидравлических ускорителей с точки зрения их технического совершенства и эксплуатационной способности.

Экспериментальные исследования проведены в три этапа: поисковая серия установочных опытов, систематические лабораторные исследования и испытания опытных образцов ЭГУ в натуральных условиях.

Интересы инженерной практики требуют четкой качественной и количественной оценки влияния различных факторов не только в области максимальных значений коэффициента эжекции, а также и для тех случаев, когда параметры ЭГУ выходят за эти пределы.

Необходимость пересчета результатов лабораторных исследований на натуру потребовала проведения специальных опытов на разномасштабных моделях с целью определения условий подобия ЭГУ, которые по аналогии со струйными аппаратами можно сформулировать так: гидравлические эжекторные ускорители, имеющие различные абсолютные размеры, но одинаковые параметры m , подобны (то есть имеют одинаковые характеристики), если при этом соблюдается геометрическое подобие осевых размеров, заглубления и ориентации аппарата в пространстве, а струя из рабочего насадка находится в одной и той же автомодельной области Re . Рассмотрим результаты экспериментальных исследований.

Влияние осевых размеров ЭГУ

Максимальное значение коэффициента эжекции цилиндрического ЭГУ достигается только при оптимальных значениях осевых размеров $l_{ц}^{opt} = 7 D_0$; $l_p^{opt} = D_0$. Во всех других случаях коэффициент эжекции снижается. Поэтому в теоретические уравнения (1) и (2) необходимо

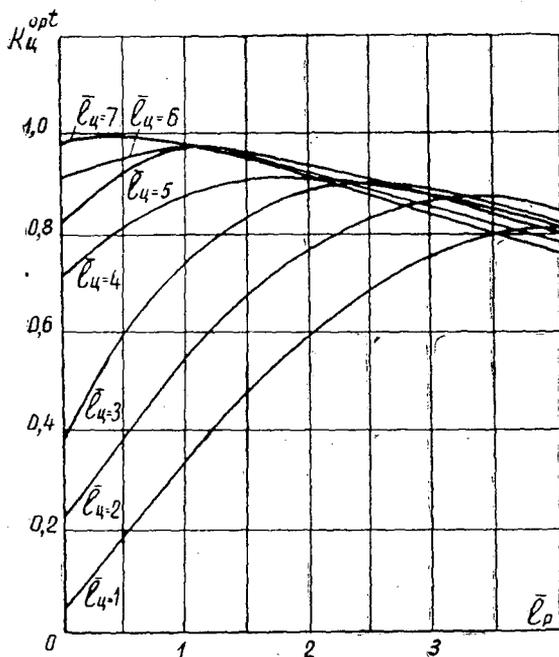


Рис. 2.

ввести коэффициент оптимальности осевых размеров $k_u^{opt} = f(\bar{l}_u, \bar{l}_p)$, представляющий отношение коэффициентов эжекции при переменных и оптимальных осевых размерах ЭГУ. Значение k_u^{opt} для цилиндрического ЭГУ во всем практически целесообразном диапазоне представлено в безразмерных координатах на рис. 2.

В том случае, когда за цилиндрической камерой смешения устанавливается диффузор, коэффициент эжекции возрастает на 40—45%. Степень влияния диффузора в общем случае хорошо описывается через коэффициент отдачи диффузора по известной зависимости Эйфеля

$$K_{д.э} = f(m_1, \beta, c_f),$$

где $m_1 = \frac{F_0}{F_d}$;

β — угол раскрытия диффузора;

$c_f = 0,002$ — коэффициент трения.

Уравнение ЭГУ с диффузором имеет вид

$$\frac{v_d}{v_p} = \frac{\left[\sqrt{m \left(1 + \frac{m l_0 \sin \varphi}{2n} \right)} - 1 \right] + K_{д.э}}{m m_1 K_{д.э}}, \quad (3)$$

где $l_0 = l_u + l_p$.

Опытами установлено, что длина цилиндрической камеры смешения оказывает существенное влияние на коэффициент отдачи диффузора и рабочую характеристику ЭГУ. Степень влияния этого фактора отражена через коэффициент оптимальности осевых размеров ЭГУ с

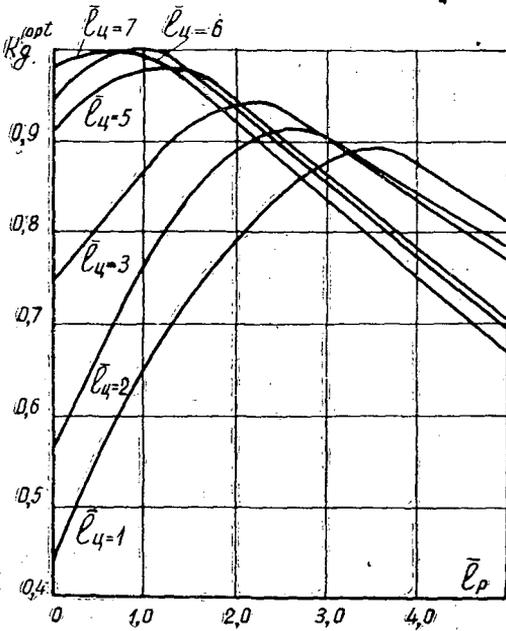


Рис. 3.

диффузором $k_d^{opt} = f(\bar{l}_u, \bar{l}_p)$, опытное значение которого представлено графически на рис. 3. Применительно к ЭГУ оптимальные размеры конического диффузора установлены экспериментально: $l_d^{opt} = (3 \div 4) D_0$, $\beta = 8 \div 10^\circ$.

На основании анализа огибающих по максимальным коэффициентам эжекции (рис. 2, 3) получены эмпирические формулы, отражающие оптимальное отстояние рабочего насадка при переменных осевых размерах камеры смешения для цилиндрического ЭГУ

$$\bar{l}_p^{opt} = 4 - \frac{\bar{l}_u}{2} \quad (4)$$

и ЭГУ с диффузором

$$\bar{l}_p^{opt} = 4,21e^{-0,25\bar{l}_u} \quad (5)$$

Влияние заглубления ЭГУ, экранирования свободной поверхности и формы конфузоров

При недостаточном заглублении ЭГУ со стороны свободной поверхности наблюдается образование вихревого шнура, который при определенных условиях трансформируется в замкнутую или разомкнутую воронку.

Локализовать отрицательное влияние подсоса воздуха через воронки удастся увеличением заглубления аппарата, либо с помощью экранирования свободной поверхности или закрытого конфузора в виде профилированного полуколена.

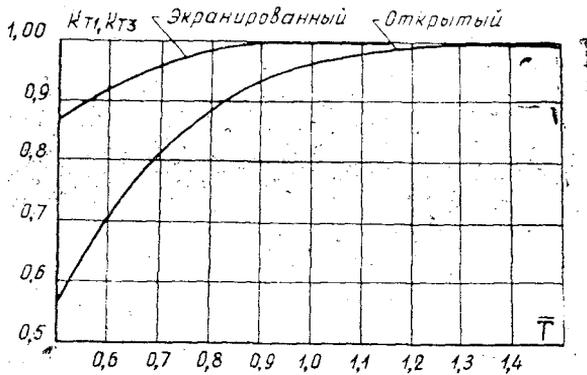


Рис. 4.

Количественная оценка этого явления представлена с помощью безразмерных коэффициентов $K_{т1}$, $K_{т2}$, $K_{т3}$. Коэффициент заглубления $K_{т1}$ — отношение коэффициентов эжекции при переменном заглублении аппарата $\bar{t} < 1,1$ и при заглублении, когда практически не наблюдается влияния близости свободной поверхности $\bar{t} > 1,1$. Значение опытных коэффициентов заглубления и экранирования $K_{т1}$, $K_{т3}$ приведено на рис. 4.

Экспериментально установлено, что конфузоры, профилированные по лемнискате и дуге окружности, имеют весьма незначительное преимущество (менее 2,3%) перед коническим конфузором, плавно сопряженным с камерой смещения. Поэтому влияние формы конфузора не учитывается расчетными уравнениями.

Структура расчетных уравнений ЭГУ

Теоретические уравнения ЭГУ (2) и (3) в совокупности с опытными коэффициентами оптимальности осевых размеров $K_{ц}^{opt}$, $K_{д}^{opt}$ и коэффициентами заглубления и экранирования свободной поверхности образуют расчетные уравнения цилиндрического (6) и ЭГУ с диффузором (7)

$$q_u = m \frac{v_o}{v_p} - 1 = K_{ц}^{opt} \cdot K_{т} \left[\sqrt{m \left(1 + \frac{m l_u \sin \varphi}{2h} \right)} - 1 \right]; \quad (6)$$

$$q_d = m m_1 \frac{v_d}{v_p} - 1 = \frac{K_{д}^{opt} \cdot K_{т}}{K_{д.э}} \left[\sqrt{m \left(1 + \frac{m l_0 \sin \varphi}{2h} \right)} - 1 \right]. \quad (7)$$

Таким образом, расчетные уравнения (6) и (7) отражают взаимосвязь геометрических и гидромеханических параметров разнотипных эжекторных ускорителей применительно к конкретным условиям их эксплуатации (ориентация в пространстве, заглубление и экранирование).

Качество гидравлических ускорителей. Структура потока в выходном сечении ЭГУ

Технико-эксплуатационные качества гидравлических ускорителей могут быть выражены через коэффициент качества K_y и удельный упор P в швартовом режиме работы струеобразующего аппарата*

$$K_y = \frac{L}{N_p}; \quad (8)$$

$$P = \frac{P_d}{N_p}. \quad (9)$$

Используя известную зависимость А. Я. Миловича и опытные коэффициенты φ_n , установленные Ю. Я. Дмитриевым для ограниченного потока, качество гидравлических ускорителей удобно выразить через начальные параметры струи и возбужденного потока. Для винтовых и эжекторных ускорителей коэффициент качества имеет вид

$$K_{y.в} = \frac{2\varphi_n}{v_l N_p} \sqrt{\frac{P_d}{\rho v \beta_n}}; \quad (8a)$$

* Ю. Я. Дмитриев, Н. И. Козленков. Гидравлические ускорители движения леса. Гослесбуиздат, М., 1963.

$$K_{y.ц} = \frac{1,37\varphi_n}{v_l} \sqrt{\frac{\eta\eta_r\varphi_p^2}{Nv_p}}; \quad (8\epsilon)$$

$$K_{y(a)} = \frac{1,37\varphi_n}{v_l} \sqrt{\frac{\eta\eta_r\varphi_p^2}{Nv_p}} \cdot \frac{(\sqrt{m} + K_{д.э} - 1)}{K_{д.э} \sqrt{m_1}}, \quad (8\epsilon)$$

где β_n — коэффициент расширения насадка;
 η — к.п.д. насоса;
 η_r — коэффициент, учитывающий потери на трение в трубопроводе;
 φ_p — коэффициент расхода рабочего насадка;
 N_p, N — мощность, потребляемая двигателем, и на валу насоса.

Оценка качества по второму показателю (9) связана с действительным количеством движения на выходе из аппарата. С этой целью экспериментально установлены коэффициенты Бусинеска α_0 и Корiolиса α_1 , в зависимости от типа аппарата и его осевых размеров. В первом приближении можно рекомендовать следующие значения α_0 и α_1 (табл. 1).

Таблица 1

Коэффици- циенты	$l_{ц} = 3D_0$		$l_{ц} = (6 \div 7) D_0$	
	цилиндри- ческий	с диффу- зором	открытый конфузор	закрытый конфузор
α_0	1,06	1,02	1,025	1,015
α_1	1,19	1,09	1,075	1,04

Для сопоставления гидравлических ускорителей по удельному упору используем зависимость (9)

$$P_{ц.д} = \frac{P_d}{N} = \frac{\rho F v^2 \alpha_0}{N}. \quad (9a)$$

Натурные испытания ЭГУ

На основании теоретических и экспериментальных исследований изготовлены три типоразмера ЭГУ: 1) $D_0 = 80$ мм, $D_d = 120$ мм; 2) $D_0 = 140$ мм, $D_d = 200$ мм; 3) $D_0 = 200$ мм.

Конструктивное исполнение опытных ЭГУ позволяло варьировать переменные геометрические и гидромеханические параметры ускорителей. Осуществлялось одиночное и групповое подключение ЭГУ к одной насосной установке. Испытания проводили на рейдах В.-Вятской сплавной конторы и лесоперевалочной базы объединения «Кировлеспром».

Результаты натурных испытаний показали вполне удовлетворительную сходимость коэффициентов эжекции, полученных опытным и расчетным путем по формулам (6) и (7). Расхождения в широком диапазоне параметра $m = 16 \div 124$ не превышают (0,5 ÷ 10) %, что позволяет рекомендовать расчетные уравнения ЭГУ и опытные коэффициенты $K_{ц}^{opt}$, K_d^{opt} , $K_{д.э}$, $K_{т1}$, $K_{т2}$, $K_{т3}$ для использования в инженерной практике при проектировании и эксплуатации ЭГУ.

УДК 629.11.012.853

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕССОР ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ЗАДАНЫМ НАГРУЗОЧНЫМ РЕЖИМАМ

В. Г. ДАНЧУК

Львовский лесотехнический институт

Специфика эксплуатации лесовозных автомобилей вызывает необходимость исследовать их подвески для обоснования условий усталостной прочности и долговечности рессор. Исходными данными для расчета рессор служат переменные по величине нагрузки, возникающие при различных режимах эксплуатации автомобиля и вызывающие в элементах подвески усталостные напряжения.

Мы провели экспериментальные исследования изменения прогибов рессор, а соответственно и напряжений, возникающих в рессорах лесовозного автомобиля ЗИЛ-157К при его движении по горным лесовозным автодорогам различных типов, в зависимости от скорости движения, а также разработали методику определения долговечности рессор.

Испытания проводили в Выгодском лесокомбинате треста «Прикарпатлес». В результате испытаний получены осциллограммы напряжений, возникающих в рессорах под воздействием динамических нагрузок в процессе движения автомобиля по неровностям дороги.

Для регистрации изменения величин напряжений по осциллограмме в определенном масштабе использован метод корреляционного счета [4], заключающийся в занесении каждой пары экстремальных значений напряжений (максимума и минимума) в корреляционную таблицу, разграфленную в соответствии с принятыми уровнями напряжений по горизонтали и вертикали.

В приведенной на рис. 1 корреляционной таблице зарегистрирован процесс изменения напряжений в задней рессоре автомобиля при движении его со средней скоростью 10 км/час по замеренному участку 3 гравийной лесовозной дороги.

Гистограммы, а также теоретические кривые экстремальных значений и амплитуд измеряемого параметра построены по систематизированным в корреляционных таблицах вариационным рядам распределения напряжений в рессорах.

На рис. 2 приведены кривые плотности распределения прогибов и напряжений задней рессоры при движении автомобиля со скоростью 10 км/час по участку 3 гравийной лесовозной автодороги: 1 и 3 — соответственно гистограмма и теоретическая кривая распределения минимумов; 2 и 4 — то же для максимумов; 5 — кривая распределения амплитуд, приведенных к общему среднему напряжению по максимумам и минимумам.

На основании статистических характеристик кривых распределения напряжений представляется возможным рассчитать рессоры лесовозного автомобиля на усталостную прочность и долговечность. При непрерывном изменении амплитуд напряжений, описанном теоретиче-

Разряды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Σu_i	
$G, \text{MN/M}^2$	0 - 36,8	36,8 - 73,6	73,6 - 110,4	110,4 - 147,2	147,2 - 184,0	184,0 - 220,8	220,8 - 257,6	257,6 - 294,4	294,4 - 331,2	331,2 - 368,0	368,0 - 404,8	404,8 - 441,6	441,6 - 478,4	478,4 - 515,2	515,2 - 552,0	552,0 - 588,8	588,8 - 625,6	625,6 - 662,4	662,4 - 699,2		
1	0 - 36,8								1												1
2	36,8 - 73,6				1																5
3	73,6 - 110,4				1	1				1											6
4	110,4 - 147,2				1	1	1			1			2	2	2	2					11
5	147,2 - 184,0				1	1	1	1		3	4	3	3	3	3	1	1				19
6	184,0 - 220,8				1	1	1	1	4	7	4	8	3	3	3		1				34
7	220,8 - 257,6				1	1	1	1	2	4	5	9	3	3							28
8	257,6 - 294,4				1	1	1	1	1	2	5	6	7	4	2						27
9	294,4 - 331,2				1	1	1	1	2	5	3	3	3	1	1	1	1				20
10	331,2 - 368,0				1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1						8
11	368,0 - 404,8				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						4
12	404,8 - 441,6				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
13	441,6 - 478,4				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
14	478,4 - 515,2				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
15	515,2 - 552,0				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
16	552,0 - 588,8				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
17	588,8 - 625,6				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
18	625,6 - 662,4				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
19	662,4 - 699,2				1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						1
Σu_j						2	2	4	5	13	22	24	33	21	16	10	8	5	1		166

Рис. 1.

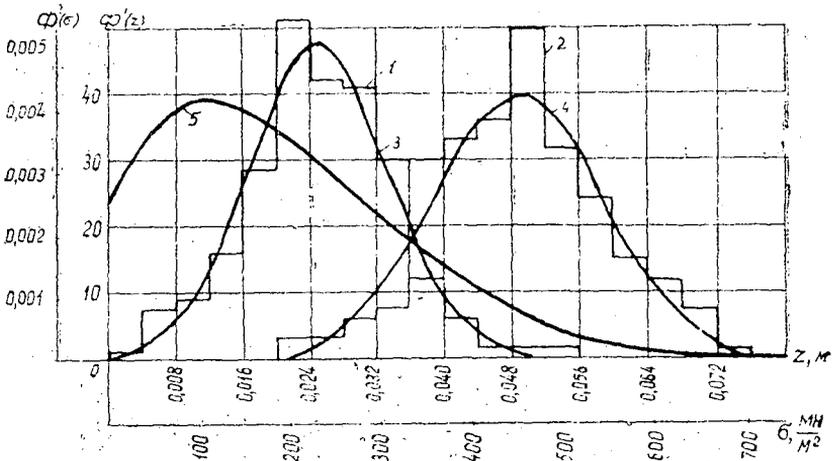


Рис. 2.

ской кривой распределения, эквивалентное напряжение σ_3 , и коэффициент запаса усталостной прочности n_s определяются по формулам [2]

$$\sigma_3 = \frac{1}{\sqrt{m}} \sqrt{\frac{u_{\Sigma} \sigma_{\max}}{u_0} \int_{\sigma_{rd}}^{\sigma_{ai}} \sigma_{ai}^m \Phi'(\sigma_{ai}) d\sigma_{ai}}, \quad n_s = \frac{\sigma_{rd}}{\sigma_3}, \quad (1)$$

где m — показатель степени, характеризующий наклон левой ветви кривой усталости;

a — величина, характеризующая степень повреждаемости материала; в первом приближении $a = 1$;

u_{Σ} — общее число циклов изменения всех напряжений при работе рессоры в процессе эксплуатации;

u_0 — абсцисса точки перегиба кривой усталости (база испытаний образца рессорной стали);

σ_a — текущее значение напряжений в рессоре по кривой фактической нагруженности;

σ_{rd} — предел выносливости рессоры при асимметричном цикле нагружения.

При отсутствии усталостных кривых натуральных испытаний рессор на стендах с заданными циклами нагружений предел выносливости рессоры σ_{rd} может быть подсчитан по формуле [1]

$$\sigma_{rd} = \frac{2\sigma_{-1}}{\left[K_{\sigma} + \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_s} \right] - \left[K_{\sigma} - \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_s} \right] r}, \quad (2)$$

где σ_{-1} — предел выносливости рессорной стали при симметричном цикле нагружения;

K_{σ} — коэффициент концентрации напряжений с учетом масштабного и технологического коэффициентов;

σ_s — предел текучести рессорной стали;

r — коэффициент асимметрии.

Коэффициент асимметрии r определяется для каждого расчетного режима нагружения из характеристик кривых фактической нагруженности рессоры.

По выражениям (1) проверяют усталостную прочность и коэффициент запаса при заданном суммарном количестве циклов изменения напряжений в процессе работы рессоры. При известном цикле перемен напряжений ω_0 за 1 км пробега, принимая запас усталостной прочности равным единице, из выражений (1) определяем возможный пробег автомобиля до поломки рессоры в данных условиях эксплуатации (долговечность рессоры)

$$S = \frac{u_{\Sigma}}{\omega_0} = \frac{\sigma_{rd} u_0}{\omega_0 \int_{\sigma_{rd}}^{\sigma_{max}} \sigma_{ai}^m \Phi'(\sigma_{ai}) d\sigma_{ai}}. \quad (3)$$

В случае работы автомобиля в смешанных дорожных условиях расчетный пробег или долговечность рессоры в километрах пробега находим из выражения

$$S_{\Sigma} = \frac{1}{\frac{\alpha_1}{S_1} + \frac{\alpha_2}{S_2} + \dots + \frac{\alpha_n}{S_n}}, \quad (4)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ — отношения пробегов по участкам к общему пробегу.

Кривые плотности распределения амплитуд напряжений в рессорах, полученные в результате испытаний по изложенной методике, позволили определить долговечность задних и передних рессор лесовозного автомобиля ЗИЛ-157К при эксплуатации его на трех типах лесовозных дорог при средних скоростях движения.

Значения σ_{-1} для рессорной стали 55С2, из которой изготовлена задняя рессора автомобиля, определены по кривой ее усталости [6]. Значения σ_{-1} , K_{σ} для рессорной стали 60С2 использованы из работы С. В. Серенсена [5]. Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Визуальная характеристика дорожного покрытия	Средняя скорость движения автомобиля, км/час	Долговечность, км пробега		Относительный пробег по данному участку
		передней рессоры	задней рессоры	
Булыжник диаметром 10—18 см; поверхность—волны и выбоины	10	1080	660	0,10
Асфальтовое покрытие — незначительные волны	45	95000	44700	0,22
Булыжник разных размеров диаметром от 8—10 до 14—18 см; поверхность волны и отдельные выбоины	10	28000	18000	0,68
Смешанные условия эксплуатации		8950	5160	

Из приведенных расчетных данных видно, что долговечность рессор лесовозных автомобилей значительно ниже, чем у автомобилей, эксплуатируемых на автомобильных дорогах общего пользования. Это подтверждает необходимость проведения специальных исследований подвесок лесовозного автотранспорта для дальнейшего совершенствования лесовозных автомобилей, а также составления технически обоснованных норм расхода запасных частей и времени ремонтно-профилактического обслуживания подвижного состава лесовозного автотранспорта с учетом конкретных условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Шукин. Автомобили. Изд-во «Машиностроение», М., 1965. [2]. Б. В. Гольд и др. Основы прочности и долговечности автомобиля. Изд-во «Машиностроение», М., 1967. [3]. А. М. Длин. Математическая статистика в технике. Изд-во «Советская наука», М., 1958. [4]. С. В. Серенсен и др. Прочность при нестационарных режимах нагрузки. Изд-во АН УССР, Киев, 1961. [5]. С. В. Серенсен и др. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. Машгиз, М., 1954. [6]. Ю. В. Степанов. Исследование нагрузочного режима рессор автомобиля. Научные труды МАМИ, вып. 4, изд-во «Автотрансиздат», М., 1954.

Поступила 28 октября 1970 г.

УДК 634.0.378.35.001.57

О КРИТЕРИЯХ ПОДОБИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ ПЛОТОВ

А. А. МИТРОФАНОВ, К. А. ЧЕКАЛКИН

Архангельский лесотехнический институт

Гидродинамические характеристики плотов при неустановившемся их движении для расчета средств и процессов останки на рейдах приплава целесообразно исследовать на моделях. Натурные наблюдения этих процессов чрезвычайно сложны и громоздки, и их, вероятно, следует выполнять только единично для выявления возможного масштабного эффекта.

Для охвата наиболее широкого круга явлений, при выводе критериев подобия при моделировании неустановившегося движения плотов, рассмотрим [4], [5], [6] уравнение движения тяжелой несжимаемой жидкости в форме Навье — Стокса

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + \left(v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где v_x, v_y, v_z — проекции вектора скорости на соответствующие оси координат (ось x вертикальна);

P — гидродинамическое давление;

ν — кинематический коэффициент вязкости;

ρ — массовая плотность;

g_x — ускорение свободного падения.

Отдельные члены уравнения (1) можно изобразить следующими размерными комплексами:

$$\frac{v}{t}; \quad \frac{v^2}{L}; \quad g; \quad \frac{P}{\rho L}; \quad \frac{\nu v}{L^2}. \quad (2)$$

Разделив каждое из этих сочетаний на $\frac{v^2}{L}$, получим следующие безразмерные величины:

$$\frac{L}{vt}; \quad \frac{Lg}{v^2}; \quad \frac{P}{\rho v^2}; \quad \frac{\nu}{Lv}. \quad (3)$$

Первое сочетание, отображающее нестационарность движения, является величиной, обратной критерию гомохронности ($Ho = \frac{vt}{L}$).

Выражение $\frac{Lg}{v^2}$ учитывает массовые силы и служит критерием подобия Фруда ($Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$). Третье сочетание определяет силы давления и отличается от числа Эйлера ($Eu = \frac{P}{1/2\rho v^2}$) постоянным множителем.

Известно [5], что в потоках несжимаемой жидкости критерий подобия Эйлера не является определяющим. Он, безусловно, соблюдается при выполнении кинематических критериев подобия, то есть оказывается функцией критериев подобия Ho, Re и Fr .

В то же время уравнение (1) не учитывает сил поверхностного натяжения, выражаемых обычно капиллярной постоянной $\sigma, \kappa\Gamma/м$, представляющей коэффициент поверхностного натяжения.

Силы поверхностного натяжения при моделировании выражаются числом Вебера ($We = \frac{\sigma}{v^2 \rho L}$), которое в то же время соответствует числу Эйлера для свободной поверхности и может быть получено следующим преобразованием:

$$We = Eu \cdot \frac{L}{L} = \frac{P}{v^2 \rho} \cdot \frac{L}{L} = \frac{\sigma}{v^2 \rho L}.$$

Последний член выражения (3) учитывает силы вязкости и является критерием подобия Рейнольдса ($Re = \frac{vL}{\nu}$). Совместно с уравнением Навье — Стокса рассматривают обычно уравнение неразрывности

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0.$$

Однако оно, как известно, не дает ни одного критерия подобия и, следовательно, не накладывает дополнительных ограничений на условия моделирования. Таким образом, для соблюдения наиболее полного подобия движения природы и модели тела по поверхности несжимаемой вязкой жидкости необходимо соблюдать критерии подобия: гомохронности Фруда, Вебера и Рейнольдса.

В практике моделирования неустановившегося движения различных тел по поверхности жидкости, в частности, качки корабля [4] и неустановившегося движения группы из двух пучков [8], учитываются только два критерия подобия: Но и Fr. Это положение в каждом конкретном случае обосновано и подтверждено экспериментально. В общем случае сказанное можно обосновать так. Следуя работе А. Н. Холодилина [6], в выражение (1) подставим критерии подобия в той форме, как они расположены в выражении (3),

$$\frac{1}{\text{Но}} \frac{\partial v_x}{\partial t} + \left(v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) - \frac{1}{\text{Fr}^2} + \\ + \text{We} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right) = 0. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что для случая моделирования с соблюдением только критериев подобия Но и Fr должны обеспечиваться неравенства

$$\text{Re} \gg \text{Но} \quad \text{и} \quad \text{Re} \gg \text{Fr}^2; \quad (5)$$

$$\text{We} \leq \frac{1}{\text{Но}} \quad \text{и} \quad \text{We} \ll \frac{1}{\text{Fr}^2}.$$

Иными словами, в этом случае последние два члена уравнения (4) практически должны быть равны нулю.

При моделировании неустановившегося движения плотов, как и других объектов, отказ от учета критериев подобия Re и We не всегда допустим. Часто из-за величины экспериментального бассейна и других причин приходится принимать малые масштабы моделей плота. А так как с уменьшением размеров модели поверхностное натяжение и сопротивление трения растут, что соответствует росту числа We и уменьшению числа Re, неравенство (5) может не выполняться. Поэтому в отдельных случаях, когда размеры модели малы, следует оценить порядок величин We и Re.

Зависимость чисел Re и We от масштаба модели показана на рис. 1. График построен для случая учета только двух критериев подобия: Но и Fr, то есть исходя из известных соотношений

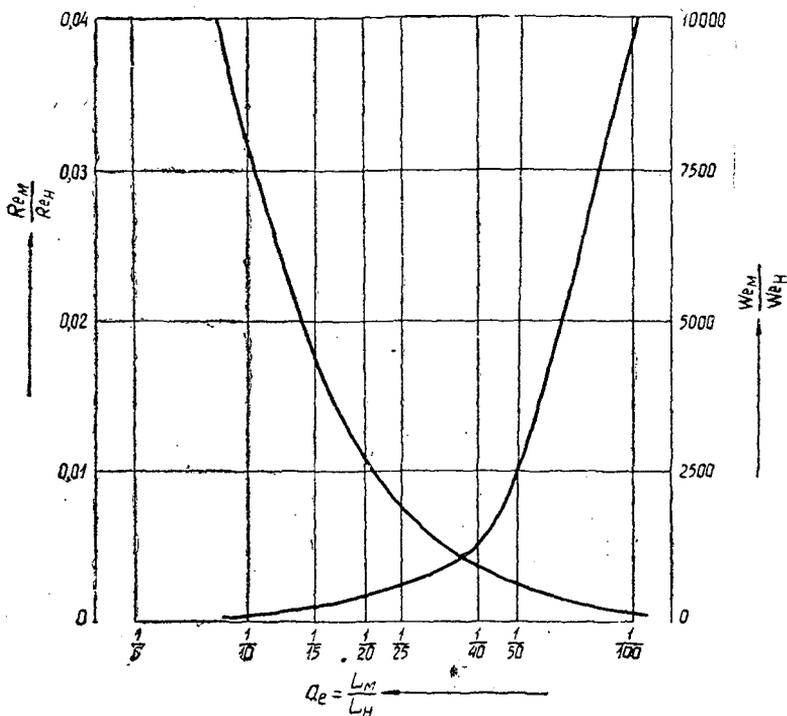
$$\text{Re}_m = a_e^{3/2} \text{Re}_n;$$

$$\text{We}_m = \frac{\text{We}_n}{a_{en}},$$

где $a_e = \frac{L_m}{L_n}$ — масштаб модели.

Из графика следует, что для масштабов модели плота $a_e > \frac{1}{50}$ отношение $\frac{\text{We}_m}{\text{We}_n}$ незначительно и, следовательно, силы поверхностного натяжения при моделировании можно не учитывать. При масштабах меньших $\frac{1}{50}$ картина резко меняется, и пренебрежение силами поверхностного натяжения может привести к искажению результатов эксперимента, то есть к возникновению масштабного эффекта.

Рис. 1.



По данным В. Н. Худоногова [7], для случая установившегося движения плотов, результаты испытаний можно пересчитать на натуру непосредственно по гравитационному закону для масштаба моделей $\frac{1}{15}$ и больших. Начиная с масштаба $\frac{1}{25}$, моделирование уже неосуществимо в автомодельной области по числу Рейнольдса. Сказанное относится к случаю испытания моделей плотов со скоростями движения, при которых обеспечивается устойчивая турбулентность обтекания потоком.

Таким образом, для моделирования неустановившегося движения плотов в масштабах до $\frac{1}{50}$ следует учитывать три критерия подобия: Ho , Fr и Re . Вопрос о величине масштабного эффекта может быть уточнен испытанием серии масштабных моделей плотов, с частичной проверкой некоторых точек в натуре.

По Ньютону силы сопротивления для случая движения тела в жидкости определяются формулой

$$R = c_x \frac{1}{2} \rho L^2 v^2, \quad (6)$$

где C_x — общий коэффициент сопротивления.

В случае неустановившегося движения C_x является функцией чисел Ho , Fr и Re

$$C_x = \frac{R_H}{\frac{1}{2} \rho v^2 L^2} = f(Ho, Fr, Re). \quad (7)$$

Для общего случая поступательного неустановившегося движения тела в вязкой жидкости А. С. Гиневский и К. К. Федяевский [3] рекомендуют для определения коэффициента сопротивления приближенную зависимость

$$C_x = f_1(\text{Re}, \text{Fr}, \text{Ma}) + f_2(\text{Re}/\text{Ma}), \quad (8)$$

где $\text{Ma} = \frac{L}{v^2} \frac{dv}{dt}$ — число Марчи, обычно называемое безразмерным ускорением и представляющее собой разновидность критерия гомохронности.

Если говорить о конкретном виде этих двух функций, то следует сказать, что они зависят от формы тела, закона его движения и характера обтекания потоком. Однако подобного рода зависимость не учитывает так называемых гистерезисных явлений или предыстории движения, что допустимо при простейших формах неустановившегося движения, как например, при равноускоренном [3].

Параметр Re/Ma определяет главным образом нестационарные силы вязкостного происхождения и при модельных испытаниях ледоколов [3] влияние нестационарных сил вязкостного сопротивления при $\text{Re}/\text{Ma} \geq 10^6$ становится пренебрежимо малым.

Некоторые авторы [1], [2] рекомендуют определять сопротивление неустановившемуся движению тел в жидкости, пользуясь гипотезой стационарности, то есть считать, что

$$R_n = R + \Delta R_n, \quad (9)$$

где R_n — сопротивление жидкости неустановившемуся движению тела;

R — сопротивление, определяемое по гипотезе стационарности; вычисляется по формуле Ньютона при мгновенных значениях скорости, но постоянном значении коэффициента сопротивления для установившегося движения;

ΔR_n — дополнительное сопротивление, вызванное влиянием нестационарности движения (может быть положительным или отрицательным).

Дополнительное сопротивление, в свою очередь, делится на две части

$$\Delta R_n = \Delta R_{n,v} + \Delta R_{n,\text{вязк}}, \quad (10)$$

где $\Delta R_{n,v}$ — дополнительное сопротивление волновой природы;

$\Delta R_{n,\text{вязк}}$ — то же вязкостной природы.

Однако следует иметь в виду, что при практически достижимых скоростях движения плотов силы волнового сопротивления вообще отсутствуют, а дополнительные силы вязкостной природы могут иметь место далеко не на всем пути неустановившегося движения плота. Вы сказанные предположения нуждаются в экспериментальной проверке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Я. И. Войткунский. Сопротивление воды движению судов. Изд-во «Судостроение», Л., 1964. [2]. Я. И. Войткунский, Р. Я. Першиц, И. А. Титов. Справочник по теории корабля. Судпромгиз, Л., 1960. [3]. А. С. Гиневский, К. К. Федяевский. Некоторые закономерности при неустановившемся поступательном движении тел в вязкой жидкости. Известия АН СССР, отделение технических наук, «Механика и машиностроение» № 3, М., 1959. [4]. Л. М. Ногид. Теории лобовия и размерностей. Изд-во «Судпромгиз», 1959. [5]. А. Н. Патрашев. Гидромеханика. Военно-морское изд-во Военно-морского министерства СССР, М., 1953. [6]. А. Н. Холодильник. Критерии подобия при моделировании качки. Труды Ленинградского кораблестроительного института, вып. 58, 1967. [7]. В. Н. Худоногов. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярск, 1966. [8]. К. А. Чекалкин. Исследование гидродинамических характеристик бревенных пучков при поступательном движении. Труды АЛТИ, вып. XIX, 1967.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.812

ОСОБЕННОСТИ АНИЗОТРОПИИ ТОЛСТОСЛОЙНОЙ ФАНЕРЫ,
СОСТАВЛЕННОЙ ИЗ ЧЕТНОГО ЧИСЛА СЛОЕВ ШПОНА,
ПРИ ИЗГИБЕ

В. И. КОРОЛЕВ

Московский лесотехнический институт

Основные понятия и предположения

Известно, что слоистые плиты, изготовленные из нечетного числа слоев, расположенных так, что выполняется упруго-геометрическая симметрия по толщине, обладают обычной анизотропией свойств, зависящей от закона укладки слоев. Жесткостные характеристики таких плит определяются стандартными методами согласно существующим ГОСТам.

В настоящей работе мы исследовали особенности анизотропии фанеры, составленной из небольшого четного числа листов древесного шпона, которые при прессовании пакета укладываются перекрестно по отношению к главным осям анизотропии.

На первый взгляд может показаться, что такой случай формирования фанеры встречается весьма редко в практике, так как число слоев шпона в целом пакете обычно не мало, однако, в силу закона упругой эквивалентности, одинаково ориентированные смежные слои шпона можно считать за один соответственно более толстый слой (рис. 1).

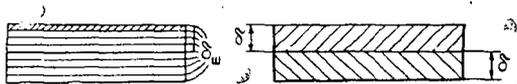


Рис. 1.

Основопологающий лист древесного шпона или несколько одинаково ориентированных смежных слоев условимся называть элементарным слоем фанеры. Предположим, что элементарный слой толщиной δ является ортотропным, его упругие константы по главным направлениям анизотропии обозначим через E_1 , E_2 , G , ν_1 , ν_2 ; напомним, что имеет место соотношение

$$E_1\nu_2 = E_2\nu_1.$$

Эффективные модули упругости материала отметим черточками вверху

$$\bar{E}_1 = \frac{E_1}{1 - \nu_1\nu_2}; \quad \bar{E}_2 = \frac{E_2}{1 - \nu_1\nu_2}. \quad (1,1)$$

Исследование проводили в правой прямоугольной системе координат (x, y, z) , оси x и y которой расположены в срединной плоскости фанеры, а ось z направлена вверх.

Соотношения упругости

Рассмотрим сначала двухслойную фанеру, как простейший тип исследуемой структуры материала. В этом случае могут быть два варианта — *A* и *B*, различающиеся только ориентацией главных направлений анизотропии к осям координат x и y (рис. 2).

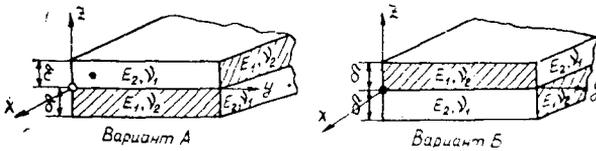


Рис. 2.

Напряжения, возникающие в нормальных сечениях двухслойных плит, связаны с деформированным состоянием срединной плоскости законом Гука

вариант *A*

$$\begin{aligned}
 & 0 \leq z \leq \delta \\
 & \sigma_1^{(1)} = \bar{E}_2 [\varepsilon_1 + \nu_1 \varepsilon_2 + z(x_1 + \nu_1 x_2)] \\
 & \sigma_2^{(1)} = \bar{E}_1 (\varepsilon_2 + \nu_2 \varepsilon_1 + z(x_2 + \nu_2 x_1)) \\
 & \tau^{(1)} = 2G(\varepsilon_3 + z\alpha_3); \\
 & -\delta \leq z \leq 0 \\
 & \sigma_1^{(2)} = \bar{E}_1 [\varepsilon_1 + \nu_2 \varepsilon_2 + z(x_1 + \nu_2 x_2)] \\
 & \sigma_2^{(2)} = \bar{E}_2 [\varepsilon_2 + \nu_1 \varepsilon_1 + z(x_2 + \nu_1 x_1)] \\
 & \tau^{(2)} = 2G(\varepsilon_3 + z\alpha_3);
 \end{aligned} \quad (2,1)$$

вариант *B*

$$\begin{aligned}
 & 0 \leq z \leq \delta \\
 & \sigma_1^{(1)} = \bar{E}_1 [\varepsilon_1 + \nu_2 \varepsilon_2 + z(x_1 + \nu_2 x_2)] \\
 & \sigma_2^{(1)} = \bar{E}_2 [\varepsilon_2 + \nu_1 \varepsilon_1 + z(x_2 + \nu_1 x_1)] \\
 & \tau^{(1)} = 2G(\varepsilon_3 + z\alpha_3); \\
 & -\delta \leq z \leq 0 \\
 & \sigma_1^{(2)} = \bar{E}_2 [\varepsilon_1 + \nu_1 \varepsilon_2 + z(x_1 + \nu_1 x_2)] \\
 & \sigma_2^{(2)} = \bar{E}_1 [\varepsilon_2 + \nu_2 \varepsilon_1 + z(x_2 + \nu_2 x_1)] \\
 & \tau^{(2)} = 2G(\varepsilon_3 + z\alpha_3).
 \end{aligned} \quad (2,2)$$

Если систему напряжений, определяемых соотношениями (2,1), (2,2), привести к статически эквивалентной системе упругих усилий T_1, T_2, S и моментов M_1, M_2, H , приложенных в срединной плоскости фанеры (рис. 3), то можно получить следующие соотношения упругости, которые связывают напряженное и деформированное состояния двухслойной фанеры:

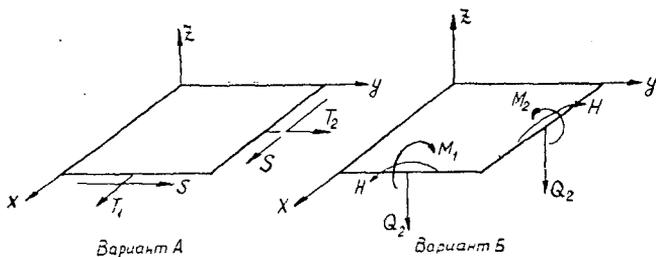


Рис. 3.

вариант А

$$\left. \begin{aligned}
 T_1 &= B_0 (\varepsilon_1 + \nu \varepsilon_2) - C_0 x_1 \\
 T_2 &= B_0 (\varepsilon_2 + \nu \varepsilon_1) + C_0 x_2 \\
 S &= K_0 \varepsilon_3 \\
 M_1 &= -D_0 (x_1 + \nu x_2) + C_0 x_1 \\
 M_2 &= -D_0 (x_2 + \nu x_1) - C_0 x_2 \\
 H &= -R_0 x_3
 \end{aligned} \right\} (2,3)$$

вариант Б

$$\left. \begin{aligned}
 T_1 &= B_0 (\varepsilon_1 + \nu \varepsilon_2) + C_0 x_1 \\
 T_2 &= B_0 (\varepsilon_2 + \nu \varepsilon_1) - C_0 x_2 \\
 S &= K_0 \varepsilon_3 \\
 M_1 &= -D_0 (x_1 + \nu x_2) - C_0 x_1 \\
 M_2 &= -D_0 (x_2 + \nu x_1) + C_0 x_2 \\
 H &= -R_0 x_3
 \end{aligned} \right\} (2,4)$$

В выражения (2,3), (2,4) введены следующие обозначения для жесткостных параметров двухслойной фанеры:

$$\left. \begin{aligned}
 B_0 &= (\bar{E}_1 + \bar{E}_2) \delta \\
 C_0 &= \frac{(\bar{E}_1 - \bar{E}_2) \delta^2}{2} \\
 D_0 &= \frac{(\bar{E}_1 + \bar{E}_2) \delta^3}{12} \\
 \nu &= \frac{\bar{E}_1 \nu_2 + \bar{E}_2 \nu_1}{\bar{E}_1 + \bar{E}_2} = \frac{2\bar{E}_1 \nu_2}{\bar{E}_1 + \bar{E}_2} = \frac{2\bar{E}_2 \nu_1}{\bar{E}_1 + \bar{E}_2} \\
 K_0 &= 2G\delta \\
 R_0 &= \frac{4}{3} G\delta^3
 \end{aligned} \right\} (2,5)$$

Полученные соотношения (2,3), (2,4) показывают, что упругие свойства двухслойной фанеры существенно отличаются от упругих свойств фанеры, имеющей симметричную структуру по толщине.

Для фанеры из $2n$ слоев в зависимости от того, четно или нечетно n , возможны структурные варианты материала, представленные на

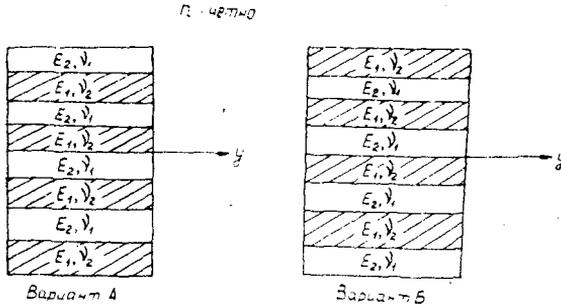


Рис. 4.

рис. 4. Соотношения упругости для $2n$ -слойной фанеры могут быть выражены следующим образом (верхний знак соответствует структурному варианту А, а нижний — варианту Б):

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= B(\varepsilon_1 + \nu\varepsilon_2) \mp Cx_1 \\ T_2 &= B(\varepsilon_2 + \nu\varepsilon_1) \pm Cx_2 \\ S &= K\varepsilon_3 \\ M_1 &= -D(x_1 + \nu x_2) \pm C\varepsilon_1 \\ M_2 &= -D(x_2 + \nu x_1) \mp C\varepsilon_2 \\ H &= -Rx_3. \end{aligned} \right\} \quad (2,6)$$

В выражения (2,6) введены обозначения:

$$\left. \begin{aligned} B &= \overline{E}h \\ C &= \frac{h^2}{8n} (\overline{E}_1 - \overline{E}_2) \\ D &= \frac{\overline{E}h^3}{12} \\ K &= 2Gh \\ R &= \frac{4}{3} Gh^3, \end{aligned} \right\} \quad (2,7)$$

где $h = 2n\delta$ — суммарная толщина фанеры;

$\overline{E} = \frac{E_1 + E_2}{2}$ — осредненный по толщине модуль упругости материала.

Соотношения упругости (2,6) показывают, что влияние толстослойности на упругие свойства фанеры проявляется через параметр C , который зависит от анизотропии элементарного слоя $\xi = E_1 - E_2$ и числа слоев $2n$.

При $\xi \rightarrow 0$ и при $n \rightarrow \infty$ эффект толстослойности исчезает и фанера становится ортогруппной.

*Дифференциальное уравнение изгиба плиты,
изготовленной из толстослойной фанеры*

При поперечном нагружении прямоугольной плиты геометрические соотношения имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{\partial U}{\partial x}; & \varepsilon_2 &= \frac{\partial V}{\partial y}; & \varepsilon_3 &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \\ \kappa_1 &= -\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}; & \kappa_2 &= -\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}; & \kappa_3 &= -\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \right\} \quad (3,1)$$

Уравнения равновесия плиты записываются в обычной форме

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial T_2}{\partial y} + \frac{\partial S}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial Q_1}{\partial x} + \frac{\partial Q_2}{\partial y} &= -q \\ \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial y} &= Q_1 \\ \frac{\partial M_2}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial x} &= Q_2. \end{aligned} \right\} \quad (3,2)$$

Подставляя в уравнение равновесия плиты (3,2) соотношения упругости (2,6) с учетом выражений (3,1), можно получить следующую систему дифференциальных уравнений, описывающих изгиб прямоугольной плиты, изготовленной из толстослойной фанеры:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} W + \delta_{12} V + \delta_{13} U &= -q \\ \delta_{12} W + \delta_{22} V + \delta_{23} U &= 0 \\ \delta_{13} W + \delta_{22} V + \delta_{23} U &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3,3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где } \delta_{11} &= D \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) + 2(D\nu + R) \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \\ \delta_{12} &= \mp C \frac{\partial^3}{\partial y^3} \\ \delta_{13} &= \mp C \frac{\partial^3}{\partial x^3} \\ \delta_{21} &= \delta_{13} \\ \delta_{22} &= \left(B\nu + \frac{K}{2} \right) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \\ \delta_{23} &= B \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{K}{2} \frac{\partial}{\partial y^2} \\ \delta_{31} &= \delta_{12} = \pm C \frac{\partial^3}{\partial y^3} \\ \delta_{32} &= \frac{K}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + B \frac{\partial^2}{\partial y^2} \\ \delta_{33} &= \delta_{22} = \left(B\nu + \frac{K}{2} \right) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \right\} \quad (3,4)$$

Общее решение системы уравнений (3,3) имеет вид

$$\left. \begin{aligned} W &= -B \left\{ \frac{K}{2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) + \left[B(1 - \nu^2) - \nu K \right] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \right\} \Phi \\ V &= \mp C \left\{ \frac{K}{2} \frac{\partial^5}{\partial y^5} + B \frac{\partial^5}{\partial x^2 \partial y^3} + \left(B\nu + \frac{K}{2} \right) \frac{\partial^5}{\partial x^4 \partial y} \right\} \Phi \\ U &= \pm C \left\{ \frac{K}{2} \frac{\partial^5}{\partial x^5} + B \frac{\partial^5}{\partial x^3 \partial y^2} + \left(\nu B + \frac{K}{2} \right) \frac{\partial^5}{\partial x \partial y^4} \right\} \Phi, \end{aligned} \right\} \quad (3,5)$$

где функция напряжений Φ — решение дифференциального уравнения

$$\left(\frac{\partial^8}{\partial x^8} + \frac{D_2}{D_1} \frac{\partial^8}{\partial x^6 \partial y^2} + \frac{D_3}{D_1} \frac{\partial^8}{\partial x^4 \partial y^4} + \frac{D_2}{D_1} \frac{\partial^8}{\partial x^2 \partial y^6} + \frac{\partial^8}{\partial y^8} \right) \Phi = \frac{q}{D_1}. \quad (3,6)$$

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= \frac{Gh^5}{4} \left[\frac{\bar{E}^2}{3} + \frac{(\bar{E}_1 - \bar{E}_2)^2}{16n^2} \right] \\ D_2 &= \frac{\bar{E}h^5}{4} \left[\frac{\bar{E}^2(1-\nu^2)}{3} + 32G^2 - \frac{(\bar{E}_1 - \bar{E}_2)^2}{16n^2} \right] \\ D_3 &= h^5 \left\{ \frac{\bar{E}^2 G}{6} + \bar{E} \left(\frac{\bar{E}_\nu}{6} + \frac{8G}{3} \right) \left[\bar{E}(1-\nu^2) - 2\nu G \right] - \right. \\ &\quad \left. - \frac{(\bar{E}_1 - \bar{E}_2)^2 (\bar{E}_\nu + G)}{32n^2} \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (3,7)$$

Легко найти также, что

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \pm \frac{\sqrt{BCK}}{2} \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left(\frac{\partial^4}{\partial y^4} - \frac{\partial^4}{\partial x^4} \right) \Phi \\ T_2 &= \pm \frac{\sqrt{BCK}}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} - \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) \Phi \\ S &= \mp \frac{\sqrt{BCK}}{2} \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} - \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) \Phi; \end{aligned} \right\} \quad (3,8)$$

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= -BD \left\{ \frac{K}{2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \right. \\ &\quad \left. + [B(1-\nu^2) - K\nu] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right\} \Phi + \\ &\quad + C^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\frac{K}{2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) + B \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right] \Phi \\ M_2 &= -BD \left\{ \frac{K}{2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \right. \\ &\quad \left. + [B(1-\nu^2) - K\nu] \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right\} \Phi + \\ &\quad + C^2 \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\frac{K}{2} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right) + B \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \right] \Phi; \end{aligned} \right\} \quad (3,9)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_1^{\Phi} &= -\frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 \frac{\partial^6}{\partial x^6} + D_4 \frac{\partial^6}{\partial x^4 \partial y^2} + \frac{D_3}{2} \frac{\partial^6}{\partial x^2 \partial y^4} + D_5 \frac{\partial^6}{\partial y^6} \right) \Phi \\ Q_2^{\Phi} &= -\frac{\partial}{\partial y} \left(D_1 \frac{\partial^6}{\partial y^6} + D_4 \frac{\partial^6}{\partial x^2 \partial y^4} + \frac{D_3}{2} \frac{\partial^6}{\partial x^4 \partial y^2} + D_5 \frac{\partial^6}{\partial x^6} \right) \Phi, \end{aligned} \right\} \quad (3,10)$$

где $D_4 = \frac{\bar{E}h^5}{12} \left[\bar{E}\bar{E} - \bar{E}G\nu + 32G^2 - \frac{3}{16n^2} (\bar{E}_1 - \bar{E}_2)^2 \right];$

$$D_5 = \frac{\bar{E}Gh^5}{12} (\bar{E}_\nu + 32G). \quad (3,11)$$

Константы интегрирования, появляющиеся при решении дифференциального уравнения (3,6), определяются из граничных условий, которых на каждом краю по 4.

Так например, на краю $x = \text{const}$ могут быть следующие однородные граничные условия:

а) край свободный

$$T_1 = S = M_1 = Q_1^{\text{эф}} = 0;$$

б) край жестко заделан

$$U = V = W = \frac{\partial W}{\partial x} = 0;$$

в) край свободен в тангенциальном направлении и жестко заделан в поперечном направлении

$$T_1 = S = W = \frac{\partial W}{\partial x} = 0;$$

г) край жестко заделан в тангенциальном направлении и свободен в поперечном направлении

$$U = V = M_1 = Q_1^{\text{эф}} = 0;$$

д) край свободен в тангенциальном направлении и шарнирно оперт в поперечном направлении

$$T_1 = S = W = M_1 = 0$$

и т. д.

Поступила 24 февраля 1970 г.

УДК 621.931

НОМОГРАММА ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ

В. К. ПАШКОВ, В. Г. БОДАЛЕВ

Уральский лесотехнический институт

В процессе пиления древесины дисковыми пилами вся затрачиваемая на резание работа эквивалентно преобразуется в тепло Q . Некоторая часть (k) этого тепла поглощается пильным диском и нагревает его так, что между периферийной и центральной зонами диска возникает перепад температур ΔT , прямо пропорциональный мощности резания $N_{\text{рез}}$. В результате неравномерного нагрева в периферийной зоне диска появляются температурные напряжения сжатия.

При интенсификации режимов распиловки перепад температур может превысить критическое значение. В этом случае пильный диск теряет устойчивость вследствие чрезмерных температурных напряжений, что снижает чистоту поверхности и точность распила.

Зная количественную взаимосвязь между рассмотренными величинами $N_{\text{рез}}$, k , ΔT , можно по допускаемому перепаду температур $\Delta T_{\text{кр}}$ определить оптимальные значения отдельных параметров распиловки.

При известной мощности резания $N_{\text{рез}}$ общее количество тепла, выделяемое в зоне резания,

$$Q = \frac{102N_{\text{рез}}}{427} \frac{\text{ккал}}{\text{сек}} \quad (1)$$

Количество тепла, расходуемое на нагрев пилы при установившемся тепловом режиме,

$$Q_{\text{пилы}} = \frac{102N_{\text{рез}}k}{427} \frac{\text{ккал}}{\text{сек}} \quad (2)$$

Тепло $\left(\frac{\text{ккал}}{\text{сек}^\circ\text{C}}\right)$, вызывающее в пиле перепад температуры в 1°C обозначим через $\alpha_{\text{пр}} \cdot F$ (здесь $\alpha_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент теплоотдачи, F — площадь боковой поверхности пилы). Тогда перепад температуры периферийной зоны пилы (на окружности впадин зубьев) над центральной зоной определится выражением

$$\Delta T = \frac{Q_{\text{пилы}}}{\alpha_{\text{пр}} F} = \frac{102 N_{\text{рез}} k}{427 \alpha_{\text{пр}} F} ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

В уравнении (3) величины $\alpha_{\text{пр}} F$ и k неизвестны. Для скоростей резания $V = 25 \div 100$ м/сек, толщины дисков $S = 1,2 \div 5,5$ мм, диаметров дисков $2R = 250 \div 1500$ мм, при разводе зубьев на сторону в среднем $\Delta S = 0,95$ мм и коэффициенте теплопроводности материала диска $\lambda = 32,5 \frac{\text{ккал}}{\text{час} \cdot \text{м}^\circ\text{C}}$ определяли значение величины $\alpha_{\text{пр}} \cdot F$ на основе математических зависимостей [2] по формуле

$$\alpha_{\text{пр}} F = 4,205 \cdot 10^{-2} \frac{0,941R - 0,1118\sqrt{R}}{k_{11}I_{041} + I_{11}k_{041}} \cdot \left[\frac{0,941R + S + 0,0019}{R(S + 0,0019)} \right]^{0,25} \left(\frac{V}{R} \right)^{0,8} \cdot \sum_{\nu=1}^{40} [8,94\sqrt{R} + (0,941R - 0,1118\sqrt{R})(2\nu - 1)]^{1,8} [k_{11}(I_{0\nu} + I_{0,\nu+1}) + I_{11}(k_{0\nu} + k_{0,\nu+1})], \quad (4)$$

где I_0, k_0 — функции Бесселя аргумента x , соответственно первого и второго рода нулевого порядка;

I_1, k_1 — то же первого порядка;

x_ν — аргумент функций Бесселя,

$$x_\nu = 2,273 \cdot 10^{-3} \frac{[4,47\sqrt{R} + (0,941R - 0,1118\sqrt{R})(\nu - 1)]^{1,4} \left(\frac{V}{R}\right)^{0,4}}{\sqrt{S} \left[\frac{R(S + 0,0019)}{0,941R + S + 0,0019} \right]^{0,125}}$$

Как показали расчеты, для принятого диапазона геометрических D, S и технологических V параметров формуле (4) может быть придан вид

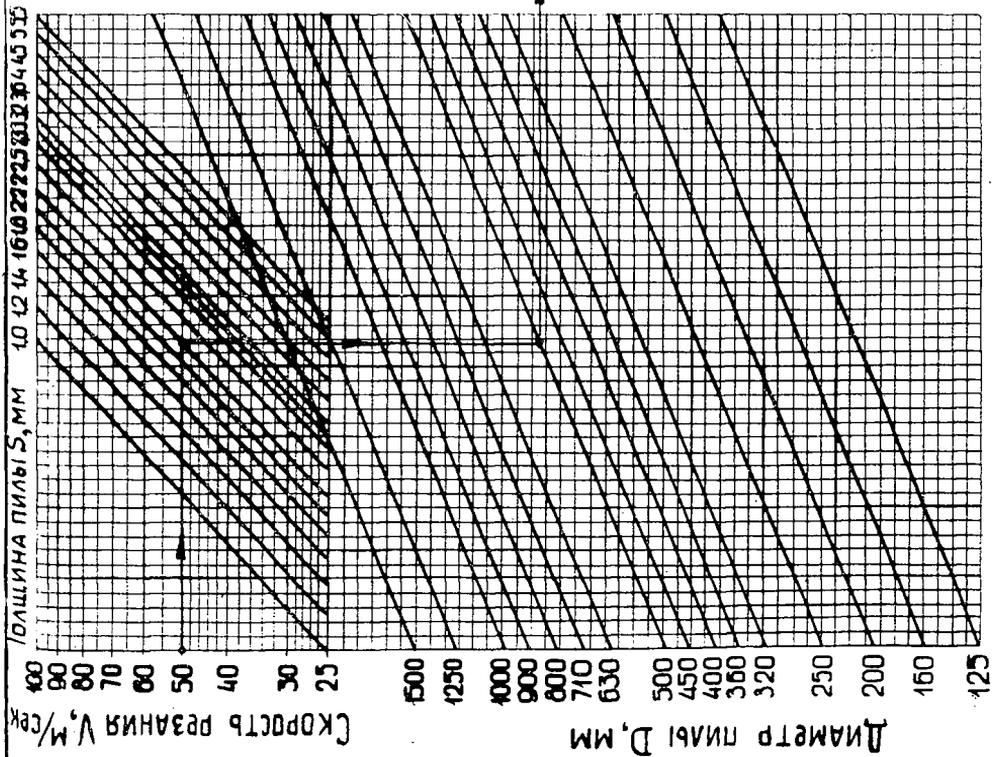
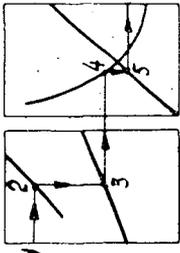
$$\alpha_{\text{пр}} F = a D^{a_1} S^{a_2} V^{a_3}, \quad (5)$$

где a, a_1, a_2, a_3 — постоянные коэффициенты.

Это позволило для определения величины $\alpha_{\text{пр}} \cdot F$ построить номограмму в логарифмических координатах, которая представлена в левой части рис. 1 следующим образом. Сначала для пил диаметром $D = 710$ мм в координатах $\lg V$ (левая координатная ось) и $\lg (\alpha_{\text{пр}} F)_{D=710}$ (горизонтальная ось) на основании расчетов по формуле (4) были нанесены линии толщин пил от 1 до 5,5 мм. Затем на основании полученных прямых $S = \text{const}$ в координатах $\lg (\alpha_{\text{пр}} F)_{D=710}$ (горизонтальная ось) и $\lg \alpha_{\text{пр}} F$ (правая вертикальная ось) были построены линии диаметров пил от 125 до 1500 мм.

Кроме величины $\alpha_{\text{пр}} F$, для пользования формулой (3) необходимо знать, какая доля (k) от общего количества тепла, выделяющегося в зоне резания, расходуется на нагрев пилы. Значения коэффициента k зависят от режимов работы станка, конструктивных параметров пил, породы древесины и могут быть определены экспериментально. По

Способ пользования номограммой



нашим данным при продольной распиловке ели с влажностью 40—50% пилами диаметром 400 мм, толщиной 1,5—2 мм, при скоростях резания 30—75 м/сек и скоростях подачи 7,5—24 м/мин значение коэффициента k колеблется в пределах 0,024—0,066 и в среднем составляет 0,05.

На основании формулы (3) была построена правая часть номограммы для выбора режимов работы дисковыми пилами (рис. 1) в координатах $\alpha_{пр} \dot{F}$ (левая вертикальная ось) и ΔT (правая координатная ось). Так как значения k являются функцией многих факторов и требуют широкого экспериментирования, то номограмма построена для большого диапазона значений $k = 0,025 \div 0,065$.

Пользование номограммой можно рассмотреть на примере. Заготовки из ели ($k = 0,05$) высотой $h = 100$ мм продольно распиливали пилой ПД 500.2.2.80.481 ГОСТ 980—63 при скорости резания $V = 50$ м/сек и скорости подачи $u = 35$ м/мин.

По известным формулам теории резания [1] определяем, что при таких параметрах мощность резания составит 10 квт. Как показывает номограмма (рис. 1), при этом перепад температуры в диске пилы равен 70°C. Критический перепад температуры для этой пилы $\Delta T_{кр} = 55^\circ\text{C}$. Следовательно, при назначенном режиме пила потеряет устойчивость из-за чрезмерных температурных напряжений, что приведет к снижению качества распиловки. С другой стороны, по номограмме видно, что докригические значения перепада температуры, гарантирующие устойчивость пилы, можно обеспечить только при мощности резания $N_{рез} < 8$ квт. Это требует [1] снижения скорости подачи до $u < 25$ м/мин или уменьшения высоты пропила до $h < 73$ мм при сохранении значений других параметров.

Полученная номограмма (рис. 1) позволяет при известных режимах распиловки определять ожидаемую температуру нагрева пил, а при известных значениях критического перепада температур $\Delta T_{кр}$ — предельно допустимые величины отдельных параметров распиловки (скорость подачи u , высота пропила h), обеспечивающие максимальную производительность пил заданных размеров (D, S) при сохранении ими устойчивого состояния.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Л. Бершадский. Расчет режимов резания древесины. «Лесная промышленность», 1967. [2]. А. Э. Грубе, В. И. Санев, В. К. Пашков. К вопросу о температурном поле дисков пил для продольной распиловки древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1966.

Поступила 20 января 1970 г.

УДК 634.0.865

О ПОВЫШЕНИИ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОСЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

М. С. МОВНИН, И. А. ЕЛИН, Е. И. РОЗИН, Ю. Г. ДОРОНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Хорошие прочностные показатели и сравнительно высокие антифрикционные свойства древеснослоистых пластиков марок ДСП-А и ДСП-Б при водяной смазке обусловили применение их для набора дейдвудных подшипников на морских транспортных судах, вкладышей подшипников, валов гидротурбин, прокатных станков и т. д. Наряду с положительными свойствами пластика (ДСП) присущи недостатки: повышенное разбухание в воде, достигающее 30% от первоначальных размеров, и низкая ударная прочность в направлении, параллельном волокнам древесины.

Повышенное разбухание в воде и возникающие вследствие этого в сжатом состоянии большие внутренние напряжения (до 150 кгс/см^2) приводят к увеличению сегментов набора из ДСП по длине, что при недостаточном аксиальном зазоре зачатую ведет к отрыву стопорного бурта дейдвудной втулки, а иногда и к заклиниванию вала.

Как известно, сегменты из ДСП располагаются в наборе подшипников торцовыми поверхностями по направлению к валу, при этом все волокна пластика ориентированы в направлении минимальной разбухаемости. Вместе с тем ударная прочность материала в этом направлении наименьшая, что ведет, в свою очередь, к поперечному раскалыванию сегментов и преждевременному выходу из строя дейдвудных подшипников.

Для устранения этих недостатков авторы предложили в структуру древеснослоистого пластика с параллельным расположением волокон ввести промежуточные слои из хлопчатобумажной ткани. Некоторые сведения о конструкционных материалах с подобной структурой приведены в работах [1], [3].

Опытные партии слоистых пластиков с различным чередованием древесного шпона и хлопчатобумажной ткани были изготовлены в ЦНИИ фанеры по известным технологическим параметрам [4], [5]. Прессование производили при давлении $120\text{--}150 \text{ кгс/см}^2$, температуре $140\text{--}150^\circ\text{C}$ и времени выдержки 4 мин на 1 мм толщины пакета. Охлаждали до $40\text{--}50^\circ\text{C}$ без снятия давления. Кроме того, были изготовлены комбинированные пластики, содержащие различные количества антифрикционных присадок графита марки С-1 и дисульфида молибдена.

Характеристика опытных пластиков приведена в табл. 1. На рис. 1 схематично показана структура пластика марки Д5ТСП с чередованием слоя ткани через пять слоев древесного шпона.

Таблица 1

Материал	Расположение ткани в пакете	Антифрикционные присадки, % к связующему		Примечание
		графит	дисульфид молибдена	
Д1ТСП	Через 1 слой шпона	—	—	Содержание смолы СБС-1 в ткани 50—55%; в шпоне 20—24%. Летучих—в ткани 1,5—2,0%; в шпоне 4—6%.
Д5ТСП	" 5 слоев "	—	—	
Д10ТСП	" 10 " "	—	—	
Д5ТСП-5Г	5 " "	5	—	
Д5ТСП-10Г		10	—	
Д5ТСП-15Г		15	—	
Д5ТСП-3М		—	3	
Д5ТСП-5М		—	5	
Д5ТСП-10М		—	10	

Испытания физико-механических свойств опытных комбинированных пластиков проводили по стандартным методикам в соответствии с ГОСТом. Результаты представлены в табл. 2. Для сравнения здесь же приведены данные испытания древеснослоистого пластика ДСП-А и древесины бакаута.

Из табл. 2 видно, что почти все физико-механические показатели комбинированных материалов выше, чем сравниваемых. При этом оптимальные показатели по основным свойствам имеет комбинированный пластик марки Д5ТСП без присадок с чередованием слоя ткани через пять слоев шпона.

Результаты испытаний показали также, что введение антифрикционных

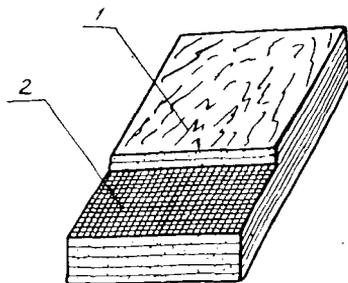


Рис. 1.

1 — древесный шпон;
2 — хлопчатобумажная ткань

Показатели	Комбинированные			
	ДТСП	ДЭТСП	ДЮТСП	ДЭТСП-ЭГ
Объемный вес, г/см ³	1,37	1,33	1,35	1,37
Водопоглощение в морской воде за 24 часа, %	1,3	2,1	2,6	1,7
Разбухание в морской воде за 24 часа, %	2,1	3,3	2,5	3,1
Предел прочности при:				
растяжении вдоль волокон, кгс/см ²	4030	3020	2990	3880
сжатии вдоль волокон, кгс/см ²	2000	2150	1800	1960
статическом изгибе, кгс/см ²	2980	3050	2900	3220
скалывании по клеевому шву, кгс/см ²	130	147	89	113
Твердость по Бринеллю, кгс/мм ²	27	30	21	24

Примечание. Указанные величины даны как средние из пяти испытаний.

присадок снижает предел прочности при сжатии вдоль волокон и предел прочности при скалывании по клеевому слою; твердость материалов и предел прочности на изгиб повышаются.

Так как для антифрикционных материалов, применяющихся в наборах дейдвудных подшипников, важна стойкость к ударным нагрузкам, этим испытаниям было уделено особое внимание. По ГОСТу 13613—68 «Пластики древесные слоистые» предусматривается испытание ударной прочности образцов только в направлении, перпендикулярном волокнам, в то время как ударные нагрузки в дейдвудных подшипниках действуют, главным образом, в направлении, параллельном волокнам. В связи с этим мы проводили испытания прочности

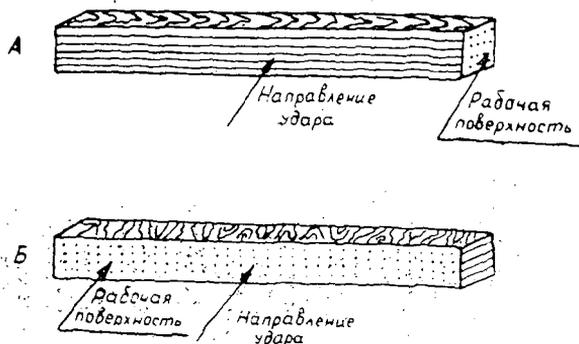


Рис. 2. Образец для испытания на ударную прочность.

А — по ГОСТу; Б — в направлении, параллельном волокнам древесины.

опытных материалов на удар по методике ГОСТа 13613—68 и в направлении, параллельном волокнам (рис. 2). Ударную прочность (вязкость) образцов опытных и стандартных (ДСП-А и ДСП-Б) пластиков определяли на маятниковом копре МК-5 по ГОСТу 4647—62.

Результаты испытаний приведены в табл. 3, из данных которой видно, что ударная вязкость комбинированных материалов выше, чем

Таблица 2

материалы					Древесно-слоистый пластик ДСП-А	Древесина бакаута
Д5ТСП-10Г	Д5ТСП-15Г	Д5ТСП-3М	Д5ТСП-5М	Д5ТСП-10М		
1,36	1,36	1,36	1,36	1,35	1,30	1,27—1,34
2,5	2,8	2,1	2,6	3,7	4,2	4,8
3,6	4,4	3,8	4,7	5,5	4,0	6,7
3180	3270	3660	3600	3520	2600	—
1910	1950	1930	1950	1770	1600	735—780
3260	3180	3360	3380	3230	2800	—
70	62	103	112	115	100	—
24	24	25	22	24	20	12—15

Таблица 3

Материал	Удельная ударная вязкость, кгс·м/см ²	
	перпендикулярно волокнам	параллельно волокнам
Древеснослоистые пластики		
ДСП-А	70	1,91
ДСП-Б	75	2,55
Комбинированные пластики		
Д1ТСП	109	8,0
Д5ТСП	95	6,0
Д10ТСП	80	3,9
Д5ТСП-5Г	109	3,23
Д5ТСП-10Г	110	4,85
Д5ТСП-15Г	116	5,1
Д5ТСП-3М	100	4,0
Д5ТСП-5М	122	3,5
Д5ТСП-10М	109	3,1

древеснослоистых пластиков как в перпендикулярном, так и в параллельном направлениях к волокнам.

Испытания показали, что ударная вязкость образцов в перпендикулярном направлении к волокнам убывает с уменьшением содержания ткани в комбинированном пластике. С введением антифрикционных присадок вязкость увеличивается, то есть материал становится более пластичным; при этом с повышением содержания присадок пластичность возрастает.

Для направления, параллельного волокнам, ударная вязкость убывает с уменьшением содержания ткани в материале. Введение присадок снижает ударную вязкость материалов, то есть делает их более хрупкими, причем с увеличением содержания присадки MoS_2 (дисульфида молибдена) хрупкость становится больше, а с повышением количества присадки графита С-1 она уменьшается.

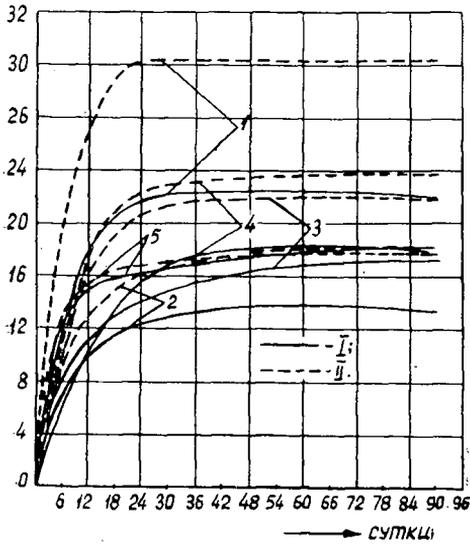


Рис. 3.

1 — ДСП-А; 2 — ДІТСП;
3 — Д5ТСП; 4 — Д10ТСП;
5 — древесина бакаута;
I — для водопоглощения;
II — для разбухания.

→ сутки

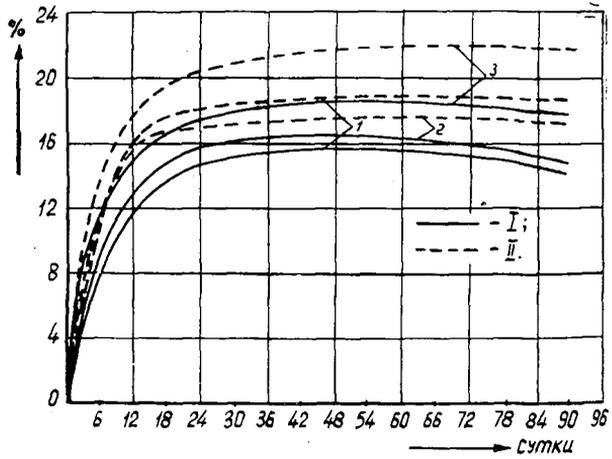


Рис. 4.

1 — Д5ТСП-5Г;
2 — Д5ТСП-10Г;
3 — Д5ТСП-15Г;
I — для водопоглощения;
II — для разбухания.

→ сутки

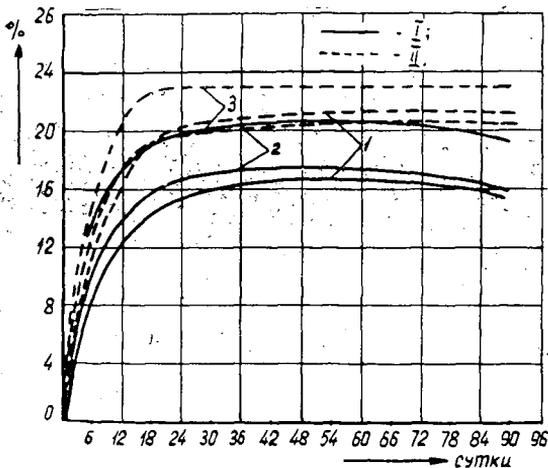


Рис. 5.

1 — Д5ТСП-3М;
2 — Д5ТСП-5М;
3 — Д5ТСП-10М;
I — для водопоглощения;
II — для разбухания.

→ сутки

Образцы размером $15 \times 15 \times 15$ мм, вырезанные из отпрессованных плит, изготовленных из опытных материалов, исследовали на водопоглощение и разбухание. В качестве среды выбрана синтетическая морская вода, так как экспериментально установлено [2], что водопоглощение и разбухание древесных пластиков в морской и пресной воде почти одинаково. Испытания проводили при $20 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 90 суток. Образцы взвешивали на аналитических весах с точностью 0,001 г, а измеряли в трех направлениях микрометром с точностью 0,01 мм.

Кривые водопоглощения и объемного разбухания в зависимости от длительности пребывания в морской воде для опытных пластиков приведены на рис. 3, для пластиков с графитом — на рис. 4, для пластиков с дисульфидом молибдена — на рис. 5. Для сравнения на рис. 3 даны кривые для древеснослоистого пластика ДСП-А и древесины бакаута. Из этих рисунков видно, что введение промежуточных слоев хлопчатобумажной ткани в структуру пластика улучшает его водостойкость по сравнению с ДСП, причем порядок чередования ткани и шпона существенно влияет на водостойкость, уменьшая водопоглощение и разбухание за 24 часа в 2—4 раза, а предельные показатели — на 25—40%.

Антифрикционные присадки, вводимые в слоистые пластики, влияют на водостойкость материала по-разному, в зависимости от их количества: для графита С-1 оптимальное количество 10%, для дисульфида молибдена — 5%.

Количество присадок выше оптимального способствует увеличению водопоглощения и разбухания на 30—40% за 24 часа, а предельных показателей — на 15—20%. Это объясняется, вероятно, тем, что повышенное содержание присадки ухудшает качество пропитки ткани и шпона связующим, а это в свою очередь влияет на монолитность отпрессованного комбинированного пластика.

Наблюдения показали, что при длительном пребывании образцов в воде прямолинейная форма их изменяется и образуется односторонний прогиб; это указывает на возникновение довольно значительных внутренних напряжений. Чем меньше слоев ткани в комбинированном пластике, тем прогиб больше. Кроме того, некоторые материалы с присадками после достижения полного насыщения, дали отрицательный привес без изменения линейных размеров, то есть их кривые водопоглощения несколько снизились. Это, по-видимому, можно объяснить частичным переходом присадок во взвешенное состояние и подтверждается тем, что через 70—80 суток цвет воды стал темным из-за появившейся в ней взвеси графита и дисульфида молибдена при постоянной миграции присадок из внутренних слоев на поверхность образцов.

Как и обычно, разбухание комбинированных слоистых материалов происходит, в основном, в направлении, обратном прессованию. Но в отличие от древеснослоистого пластика ДСП-А, где разбухание в этом направлении составляет 90—95% от общего объемного, для исследуемых материалов эта величина составляет всего 75—80%.

Выводы

1. Комбинированные древесно-текстолитовые материалы по физико-механическим показателям превосходят древеснослоистые пластики ДСП-А и ДСП-Б, а также древесину бакаута.

2. Водопоглощение и разбухание комбинированных композиций в среднем в 1,5—2 раза меньше, чем древеснослоистых пластиков, а сопротивление ударным нагрузкам в рабочем направлении в 2,0—2,5 раза больше.

3. Введение некоторых специальных присадок (графита, дисульфида молибдена) с целью повышения антифрикционных и теплотехнических свойств материалов незначительно изменяет их физико-механические характеристики.

4. Снижение водопоглощения и разбухания, а также повышение ударной прочности в направлении, параллельном волокнам, позволяют рекомендовать комбинированные пластики Д5ТСП, Д5ТСП-5Г и Д5ТСП-3М для набора дейдвудных подшипников на морских транспортных судах.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. С. Аникст, Е. И. Исаков, Н. Н. Кузнецов. Слоистый пластик древокстолит. Журн. «Пластические массы» № 6, 1967, стр. 70—71. [2]. Б. А. Архангельский. Неметаллические судовые подшипники. Судпромиздат, 1957. [3]. Е. И. Исаков. Сб. «Большая химия Среднего Урала», Средне-Уральское книжное изд-во, Свердловск, 1964. [4]. И. А. Шейдин, А. В. Смирнов, А. А. Демидова. Технология древесных пластиков. Госхимиздат, 1956. [5]. Я. Л. Шугал, В. В. Барановский. Слоистые пластики. Госхимиздат, 1953.

Поступила 24 марта 1970 г.

УДК 634.0.865

О ТЕРМООБРАБОТКЕ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

В. Н. ПЕТРИ, З. И. ПОДОЙНИКОВА

Уральский лесотехнический институт

Способ промышленного производства лигноуглеводных древесных пластиков без добавления связующих (ЛУДП) основан на предположении, согласно которому при достаточно мягких режимах прессования можно добиться не только частичного гидролитического расщепления лигноуглеводных комплексов клеточных оболочек древесины и полисахаридов (в первую очередь, растворимых), но и синтезировать из продуктов этого расщепления новые лигноуглеводные комплексы, склеивающие прессматериал в монолитный пластик, значительно отличающийся по своим свойствам как от исходной древесины, так и от плитных материалов из древесных частиц с добавлением связующих [1]. При изготовлении ЛУДП, кроме породного состава, имеют значение форма и размер частиц, их исходная влажность, продолжительность горячего прессования, удельное давление и температура. Из древесных частиц строго определенной влажности формируют ковер, подпрессовывают в холодном прессе, затем прессуют в горячем при определенных температуре и давлении и без снятия давления охлаждают водой до 20°C.

После запрессовки получают пластики с влажностью, значительно превышающей влажность их при эксплуатации в отапливаемом помещении. Поэтому в технологический процесс производства ЛУДП необходимо включить такие операции, в результате которых получается кондиционная продукция, имеющая влажность, равновесную с предполагаемыми условиями эксплуатации пластиков. В ранее опубликованных статьях [2], [3] было показано, что пластики из лиственничных стружек с высокими физико-механическими свойствами можно получить только при сочетании кондиционирования в течение некоторого времени при «мягких» условиях (температура 20—25°, относительная

влажность 0,60) и сушки при повышенных температурах (температура по «сухому» термометру 90—105°, относительная влажность 0,30—0,40).

Выполненными исследованиями доказано, что условия «кондиционирования — сушки» сильно варьируют в зависимости от того, из какого сырья и при каком режиме изготовлен данный пластик. Поэтому в нашей лаборатории изыскиваются условия термообработки для каждого вида ЛУДП, позволяющие максимально сократить продолжительность этой операции.

Для ЛУДП из сосновых опилок, дробленых еловых лесосечных отходов, осиновой дробленки и опилок смеси хвойных пород был разработан режим термообработки по аналогии с режимом для ЛУДП из лиственничных стружек. После запрессовки плиты разрезали на части размером 230×400×10 мм; некоторые из них высушивали сразу же при заданных режимах, другие — после непродолжительного кондиционирования (до 4-х суток) при температуре 20—25° и относительной влажности 0,60. Несколько частей плит кондиционировали в тех же условиях в течение 30 суток; их считали контрольными и с их свойствами сравнивали физико-механические свойства высушенных плит.

При разработке режимов термообработки особое внимание обращали на равномерное распределение влаги по толщине плиты. Для уменьшения перепада влажности в конце сушки плиты в камере увлажняли при той же температуре по сухому термометру и относительной влажности 0,95 в течение 1—2 час. Послойную влажность определяли весовым способом, образцы размером 23×23×10 мм разделяли на 5 слоев по толщине.

В табл. 1 представлены данные послойной влажности плит после запрессовки и после непродолжительного кондиционирования перед процессом сушки.

Таблица 1

Исходное сырье	Продолжительность кондиционирования, сутки	Влажность, %, по слоям				
		1	2	3	4	5
Дробленые еловые лесосечные отходы	0	14,0	18,6	18,7	18,4	15,5
	3	11,7	16,2	17,5	16,9	12,5
Смесь опилок хвойных пород*	0	13,5	17,9	18,3	18,3	14,2
	3	11,3	14,3	15,2	14,8	12,0
Сосновые опилки	0	13,9	16,4	16,6	16,6	14,1
	1	11,9	14,8	16,1	15,6	12,6
	3	10,1	13,0	13,9	13,3	10,5
Осиновая дробленка (отходы отсева щепы целлюлозного производства)	0	11,8	16,7	16,7	16,9	12,7
	3	11,1	16,6	17,1	16,6	13,0

* Для смеси опилок хвойных пород (сосна 49%, пихта 25%, ель 20%, лиственница 5%, кедр 1%) режимы разработаны применительно к сырью Краснотурьинского ДОКа.

По толщине плиты имеется перепад влажности, а распределение влаги относительно среднего [3] слоя симметричное, поэтому в дальнейшем послойная влажность приводится для 1-, 2- и 3-го слоев.

В табл. 2 представлены данные о физико-механических свойствах ЛУДП после термообработки.

Представленные данные показывают, что для ЛУДП из лиственничных стружек, дробленых еловых лесосечных отходов и из смеси опилок хвойных пород необходимо предварительное кондиционирование при «мягких» условиях перед процессом сушки при повышенных температурах; для ЛУДП из сосновых опилок и осиновой дробленки из режима термообработки можно исключить операцию кондиционирования.

Исходное сырье	Условия		
	кондиционирование, сутки	t_c^0	$\varphi, \%$
Лиственничная стружка	0	100	48
	3	90	40
	3	105	30
Дробленые еловые лесосечные отходы	0	90	30
	3	90	30
	0	80	30
	3	80	30
Смесь опилок хвойных пород*	0	80	45
	3	80	45
Сосновые опилки	0	90	40
	1	90	40
	3	90	40
Осиновая дробленка (отходы отсева щепы целлюлозного производства)	0	90	50
	0	80	30
	3	80	30
	0	80	50
	3	80	50

* Для смеси опилок хвойных пород (сосна 49%, пихта 25%, ель 20%, лиственнично-ДОКа.

Рекомендуемые режимы термообработки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Исходное сырье	Кондиционирование при температуре 20—25°, влажности 60%, суток	Режим сушки			
		t_c^0	$\varphi, \%$	$\tau_{\text{суш}}, \text{ час}$	$\tau_{\text{увл}}, \text{ час}$
Лиственничная стружка	3	90	40	24	1
	3	105	30	13	1
Дробленые еловые лесосечные отходы	3	80	30	15	1
Смесь опилок хвойных пород	3	80	45	15	0
Сосновые опилки	0	90	40	20	1
Осиновая дробленка	0	80	30—50	10	0

После запрессовки и начала термообработки плиты ЛУДП следует хранить в штабелях с прокладками или в плотных столах на ровных основаниях.

Свердловская областная санитарно-эпидемиологическая станция рекомендует высушивать пластики при повышенных температурах в целях улучшения их гигиенических показателей.

Таблица 2

обработки		Прочность при статическом изгибе, кгс/см ²	Снижение прочности от контроля, %	Влажность, %, по слоям		
$\tau_{\text{суш}}$, час	$\tau_{\text{увл}}$, час			1	2	3
7,5	1	180	33	8,8	13,2	14,3
24	1	213	4	7,8	9,0	9,4
13	1	210	5	6,4	7,7	8,1
15	1	141	17	6,2	6,9	7,1
15	1	165	2	5,8	5,8	5,9
15	1	146	14	8,2	8,7	9,4
15	1	166	2	7,4	8,1	8,6
15	2	160	13	9,3	9,8	9,8
15	0	177	4	8,0	10,4	10,8
20	1	162	7	7,8	7,8	7,8
19	1	176	0	7,6	7,6	7,6
17	1	171	2	7,3	6,7	6,9
7	1	149	33	7,6	8,3	8,7
10	0	216	+8	6,7	8,6	9,3
10	0	210	+6	6,0	9,0	9,4
10	0	194	2	7,6	11,6	12,9
10	0	204	+3	6,1	7,6	8,2

(на 5%, кедр 1%) режимы разработаны применительно к сырью Краснотурьинского

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Петри, И. А. Вахрушева. Лигноуглеводные древесные пластики. Труды Проблемной лаборатории УЛТИ, вып. 19, Свердловск, 1966. [2]. З. И. Подойникова, В. Н. Петри. Разработка интенсифицированных режимов сушки лигноуглеводных древесных пластиков. Труды Проблемной лаборатории УЛТИ, вып. 19, Свердловск, 1966. [3]. З. И. Подойникова, В. Н. Петри. Сушка плитных лигноуглеводных древесных пластиков. Сб. «Сушка древесины», Труды Всесоюзной юбилейной конференции, Архангельск, 1968.

Поступила 12 мая 1970 г.

УДК 621.935

К РАСЧЕТУ РЕЖИМОВ ВАЛЬЦЕВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Ю. И. ЮРЬЕВ, В. И. ВЕСЕЛКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В технологическом процессе подготовки рамных и ленточных пил к работе основной является операция вальцевания, обеспечивающая повышение жесткости полотен. В результате вальцевания в полотнах пил при отсутствии внешних нагрузок возникает напряженное поле, характеризующее остаточными напряжениями растяжения на кромках полотен и сжатия в центральной вальцованной зоне [4].

Известно, что остаточные напряжения появляются в результате упруго-пластических деформаций отдельных зон тела. Возникновение упругих остаточных напряжений растяжения на кромках полотен после вальцевания пил обусловлено пластическим деформированием валь-

цованной зоны. Поэтому при расчете режима вальцевания первоначально необходимо рассмотреть характер деформирования зоны прокатки (следа вальцевания) и смежных зон.

Условия деформирования зоны прокатки при вальцевании характеризуются обжатием этой зоны, вызывающим течение металла вдоль полотна и, как следствие этого, возникновение пластического удлинения зоны прокатки. Правомерно предположить, что продольная деформация происходит в результате поперечной (по толщине) деформации зоны прокатки. Выражая деформации через относительные, имеем

$$\epsilon_{\text{плост}}^{\text{прод}} = \epsilon_{\text{плост}}^{\text{попер}} \mu = \frac{\Delta \delta}{\delta} \mu, \quad (1)$$

где $\epsilon_{\text{плост}}^{\text{прод}} = \frac{\Delta l}{l}$ — относительная деформация по длине зоны прокатки;
 $\epsilon_{\text{плост}}^{\text{попер}} = \frac{\Delta \delta}{\delta}$ — относительная деформация по толщине зоны прокатки;
 $\mu = 0,3$ — коэффициент Пуассона;
 δ — толщина полотна пилы.

Любая задача по определению внутренних (остаточных) напряжений в теле — статически неопределима. Для ее решения необходимо рассматривать не только условие равновесия, но и условия деформации твердого тела [1].

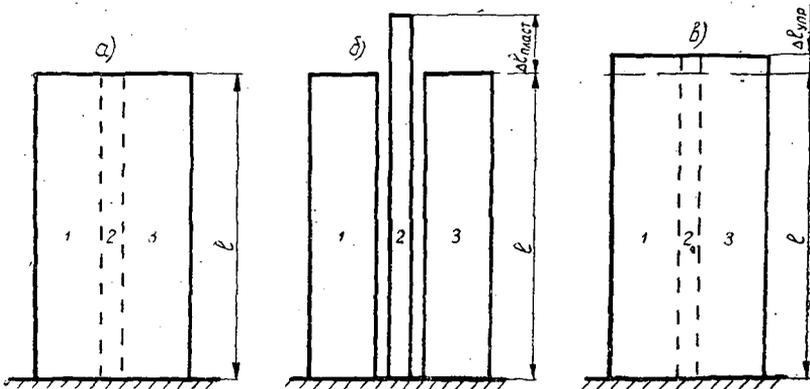


Рис. 1.

а — исходное состояние; б — состояние в период вальцевания (нагружение); в — состояние после вальцевания (разгрузка).

Расчетная модель полотна ленточной пилы, подвергаемой вальцеванию (рис. 1), позволяет установить условия деформации. Полотно условно расчленено на три полосы (стержня). Относительная деформация стержня 2 в результате вальцевания определяется уравнением (1). Условие совместности деформации стержней исключает свободу деформации стержня 2, и рассматриваемый случай характеризуется неоднородной упруго-пластической деформацией. При этом стержень 2 деформируется пластически*, а 1 и 3 — упруго. Но так как стержни связаны между собой, то после вальцевания длина их должна быть одинаковой. После вальцевания стержень 2 испытывает сжатие, а 1

* Утверждение о пластической деформации стержня 2 основано на результатах наших экспериментальных исследований характера деформации зоны прокатки по глубине (толщине) полотен ленточных пил при вальцевании.

и 3 — растяжение. Возникающие при этом остаточные напряжения в стержнях 1, 2, 3 можно определить методом расчленения тела [1].

В соответствии с положениями метода расчленения тела в нашем случае относительную деформацию упругой зоны полотна (стержни 1 и 3) можно выразить уравнением

$$\varepsilon_y = \left[-\varepsilon_t + \frac{P + \varepsilon_{\text{прод}}^{\text{пласт}} F_{\text{пласт}} E}{F_y E} \right], \quad (2)$$

где ε_t — температурное относительное линейное расширение полотна;
 P — внешняя сила;
 $\varepsilon_{\text{прод}}^{\text{пласт}}$ — относительная деформация зоны пластического деформирования (стержень 2);
 $F_{\text{пласт}} = b_{\text{пласт}} (\delta - \Delta\delta)$ — площадь поперечного сечения зоны пластического деформирования;
 E — модуль упругости инструментальной стали 9ХФ;
 F_y — площадь поперечного сечения полотна, включающая упругую и пластическую зоны.

В процессе вальцевания температура полотен практически не изменяется, поэтому из уравнения (2) исключаем приращение температурных относительных расширений ($\varepsilon_t = 0$). Из-за отсутствия внешней (растягивающей или сжимающей) нагрузки, определяющей возникновение остаточных напряжений, $P = 0$. Тогда

$$\varepsilon_y = \frac{\varepsilon_{\text{прод}}^{\text{пласт}} \cdot F_{\text{пласт}}}{F_y} = \frac{\frac{\Delta\delta}{\delta} \mu F_{\text{пласт}}}{F_y}. \quad (3)$$

Относительная (результатирующая) деформация пластической зоны полотна, с учетом деформации упругой зоны, определяется как алгебраическая сумма деформаций

$$\varepsilon_y = -\frac{\Delta\delta}{\delta} \mu + \varepsilon_y. \quad (4)$$

Соответственно напряжения в упругой и пластической зонах полотна

$$\sigma'_{\text{упр}} = \varepsilon_y E; \quad \sigma'_{\text{пласт}} = \varepsilon_y E. \quad (5)$$

Расчетные напряжения в сечении пластической зоны, определяемые уравнением (5) в предположении упругой деформации, должны быть равны или больше предела текучести σ_T , так как пластическая деформация зоны прокатки невозможна без течения металла в этой зоне. С другой стороны, фактические напряжения в зоне пластического деформирования не могут превышать предела текучести [1]. Поэтому необходимо рассмотреть стадии деформирования упругой и пластической зон полотна последовательно в период вальцевания (нагружения) и после вальцевания (разгрузки), приняв напряжения в зоне прокатки равными пределу текучести ($\sigma_{\text{пласт}} = \sigma_T$).

Значит, в период вальцевания

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{пласт}}^{\text{II}} &= +\sigma_T; \\ \sigma_y^{\text{II}} &= -\varepsilon_y^{\text{II}} E, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{где } \epsilon_y^H = \frac{\sigma_T F_{\text{пласт}}}{E' F_{\text{пласт}} + E F_y}.$$

Но так как в зоне пластического деформирования $E' = 0$, то

$$\epsilon_y^H = \frac{\sigma_T F_{\text{пласт}}}{E F_y}.$$

Окончательно получим

$$\sigma_y^H = - \frac{\sigma_T F_{\text{пласт}}}{F_y}. \quad (7)$$

Согласно работе [1], напряжения при разгрузке по абсолютной величине совпадают с напряжениями, определяемыми по уравнениям (5), в предположении упругой деформации полотна. Поэтому остаточные напряжения определяем как алгебраическую сумму напряжений при нагружении и разгрузке

$$\begin{aligned} \sigma_y^{\text{ост}} &= \sigma'_y + \sigma_y^H; \\ \sigma_{\text{пласт}}^{\text{ост}} &= \sigma'_{\text{пласт}} + \sigma_{\text{пласт}}^H. \end{aligned} \quad (8)$$

После преобразований окончательно получим

$$\begin{aligned} \sigma_y^{\text{ост}} &= \frac{\frac{\Delta\delta}{\delta} \mu F_{\text{пласт}} E}{F_2} - \frac{\sigma_T F_{\text{пласт}}}{F_y}; \\ \sigma_{\text{пласт}}^{\text{ост}} &= \left[- \frac{\Delta\delta}{\delta} \mu + \frac{\frac{\Delta\delta}{\delta} \mu F_{\text{пласт}}}{F_2} \right] E + \sigma_T. \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнения (9) позволяют определить остаточные напряжения, обусловленные операцией вальцевания, в зонах упругого и пластического деформирования полотен ленточных пил. Для этого необходимо располагать информацией о величине абсолютного обжатия $\Delta\delta$ и площади $F_{\text{пласт}}$ поперечного сечения зоны пластического деформирования полотна при определенных давлениях роликов вальцовочного станка и параметрах роликов.

Для данного случая задачу нахождения величин $\Delta\delta$ и $F_{\text{пласт}}$ ($b_{\text{пласт}}$) решали экспериментально.

Исследования проводили на образцах, вырезанных анодно-механическим способом из полотна пилы, прошедшего все этапы технологического процесса изготовления ленточных пил, кроме операций нарезания зубьев и вальцевания. Размеры образцов: $150 \times 20 \times 1$ мм (I серия), $150 \times 30 \times 1$ мм (II серия), $150 \times 40 \times 1$ мм (III серия), $150 \times 50 \times 1$ мм (IV серия). Для каждого значения усилия прижима роликов, устанавливаемого на основании результатов исследований [3] (565, 990, 1550 и 2000 кгс), количество образцов одной ширины принято равным 5.

Образцы вальцевали в специальном приспособлении, обеспечивающем жесткое крепление их, на вальцовочном станке модели ПВ-20. Использовали типовые ролики, имеющие радиус кривизны в осевом сечении 35 мм.

Абсолютное обжатие зоны прокатки измеряли при помощи индуктивного профилографа (рис. 2) конструкции кафедры «Станки и инструмент» АЛТИ [2]. Исследуемый образец монтировали в специальном приспособлении, являющемся одновременно направляющим суппортом для корпуса профилографа. Последний перемещался при помощи механизма подачи ручного вибрографа типа ВР-1, обеспечивающего постоянную скорость подачи ($u = 15$ мм/сек). Для записи профилограмм применяли усилитель типа ЗТС-23-7 и осциллограф Н-700. Профилограммы зон пластического деформирования образцов ленточных пил после вальцевания представлены на рис. 3. Тарировку индуктивного датчика профилографа производили в специальном приспособлении с встроенным микрометром.

Профилограммы обрабатывали методом планиметрирования площади смещенного металла зоны пластического деформирования. По величине средней площади про-

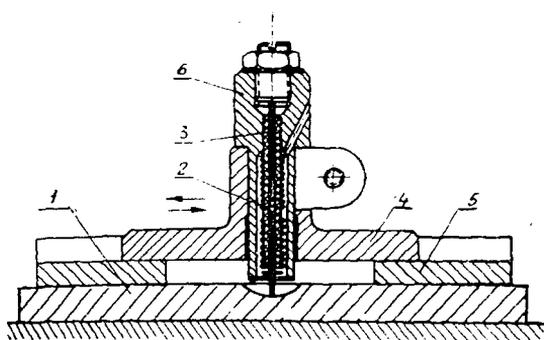


Рис. 2. Схема применения индуктивного профилографа.

1 — исследуемый образец; 2 — чувствительный элемент индуктивного датчика; 3 — катушка индуктивности; 4 — корпус профилографа; 5 — направляющая планка; 6 — регулируемая (по высоте) обояма индуктивного датчика.

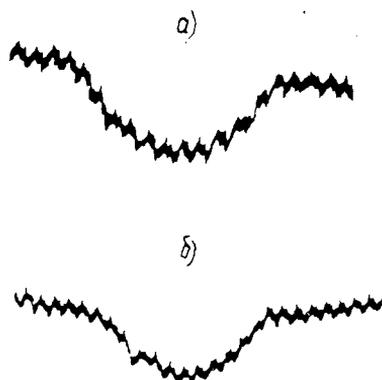


Рис. 3.

а — при $P_B = 1550$ кгс;
б — при $P_B = 990$ кгс.

филограммы. определяли высоту равновеликого прямоугольника $\frac{\Delta\delta}{2}$ с основанием, равным ширине зоны пластического деформирования, которая позволяла установить фактическую величину абсолютного обжатия $\Delta\delta = 2 \cdot \frac{\Delta\delta}{2}$.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Усилие прижима роликa P_B , кгс	Ширина образцов b , мм	Ширина зоны пластического деформирования $b_{\text{пласт}}$, мм	Абсолютное обжатие зоны пластического деформирования $\Delta\delta$, мм	Относительная деформация по длине зоны пластического деформирования $\epsilon_{\text{прод}}$ $\cdot 10^{-4}$
565	20	3,15	0,030	90
	30	2,76	0,028	84
	40	2,76	0,027	81
	50	2,70	0,027	81
990	20	3,32	0,034	102
	30	3,32	0,031	93
	40	3,32	0,030	90
	50	3,30	0,030	90
1550	20	3,60	0,036	108
	30	3,60	0,034	102
	40	3,60	0,033	99
	50	3,60	0,032	96
2000	20	4,0	0,042	126
	30	4,0	0,040	120
	40	3,8	0,038	114
	50	3,8	0,036	108

Использование показателей деформации зоны прокатки $\Delta\delta$ и $F_{\text{пласт}}$ в качестве исходных данных для уравнений (9) позволяет теоретически решить задачу определения остаточных напряжений в зонах упругого

и пластического деформирования полотен ленточных пил после вальцевания.

Результаты теоретических исследований остаточных напряжений в полотнах ленточных пил (шириной от 20 до 175 мм), обусловленных вальцеванием по одному следу с разными усилиями прижима роликов, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Усилия прижима роликов $P_{в}$, кгс	Значение напряжений σ , кгс/мм ² , при ширине образцов, мм					
	20	30	40	50	100	175
565	+4,10	+2,25	+1,53	+1,33	+0,76	+0,47
	-22,50	-23,00	-21,00	-24,00	-28,00	-30,50
990	+8,30	+4,60	+3,25	+2,80	+1,40	+0,84
	-43,00	-37,50	-37,00	-40,00	-47,00	-49,50
1550	+10,80	+7,00	+5,10	+3,80	+2,13	+1,25
	-51,00	-53,00	-54,00	-51,50	-59,00	-62,00
2000	+18,80	+12,60	+8,40	+5,90	+3,18	+1,87
	-78,50	-85,00	-83,00	-75,00	-85,00	-87,00

Примечание. В числителе данные для $\sigma_{у}^{ост}$; в знаменателе — для $\sigma_{пласт}^{ост}$.

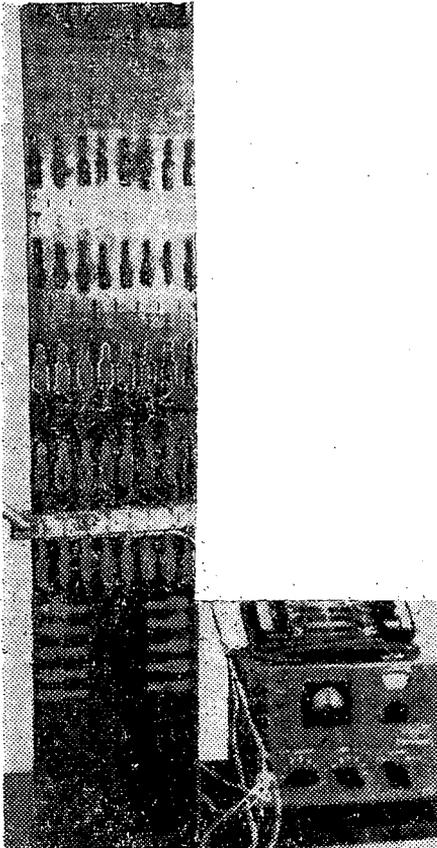


Рис. 5.

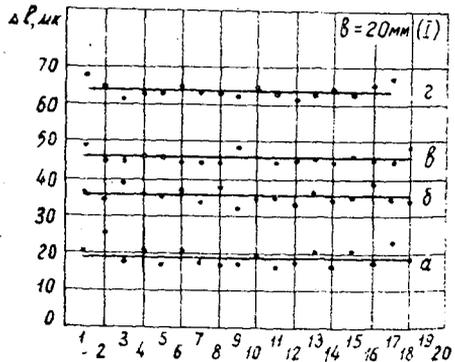


Рис. 4.

a — при $P_{в} = 565 \text{ кгс}$; б — 990 кгс;
в — 1550 кгс; г — 2000 кгс.

Для проверки справедливости принятых положений и уточнения степени соответствия полученных уравнений (9) были проведены специальные опыты*.

В первой группе опытов использовали образцы, применяемые при исследованиях абсолютного обжигания Δb ($b = 20, 30, 40$ и 50 мм), и образцы размером $150 \times 100 \times 1$ мм. На постоянной базе (100 мм) по длине образцов, ограниченной отпечатками (наколами) четырехгранной алмазной пирамиды твердомера ТП-2, с помощью универсального инструментального микроскопа типа УИМ-21¹ определяли абсолютное удлинение Δl , обусловленное операцией вальцевания. Распределение абсолютного удлинения Δl по ширине образцов $150 \times 20 \times 1$ мм представлено на рис. 4.

Во второй группе опытов применяли полотна ленточных пил с параметрами $1200 \times 175 \times 1$ мм. При использовании проволочных тензодатчиков с базой 15 мм, сопротивлением ~ 135 Ом и измерителя статических деформаций типа ИД-62М тензометрическим методом определяли напряжения упругой зоны ($\sigma_y = \epsilon_y E$), обусловленные вальцеванием с усилиями прижима роликов 565, 990, 1550 кгс. Общий вид пильного полотна с наклеенными тензодатчиками представлен на рис. 5.

Справедливость расчетных уравнений (9) устанавливали по степени соответствия величин остаточных напряжений в упругой зоне, получаемых расчетным ($\sigma_y^{ост}$) и экспериментальным ($\sigma_y = \epsilon_y E$) методами.

Результаты исследований позволили установить, что расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями остаточных напряжений в упругой зоне находится в пределах 5—16%.

Таким образом, можно считать установленной справедливость расчетных уравнений, определяющих величину остаточных напряжений в упругой и пластически деформированной зонах вальцованных полотен ленточных пил. Использование полученных уравнений для конкретного случая вальцевания полотен ленточных пил обеспечивает прогнозирование величины и характера распределения по ширине полотен остаточных напряжений, обусловленных операцией вальцевания.

* Подробное описание проведенных исследований — предмет самостоятельной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Абрамов. Остаточные напряжения и деформации в металлах. Машгиз, М., 1963. [2]. Л. Ф. Кулешов, В. Е. Шуйн. Индуктивный профилограф для измерения неровностей на древесине. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 2, 1966. [3]. А. Е. Феоктистов. Метод определения величин вальцевания полотна и веса груза для натяжения делительных ленточных пил на станках типа ЛД-140. ЦБТИ бумажной и деревообрабатывающей промышленности, ГНТК СССР. Научно-техническая информация, № 6, 1960. [4]. Ю. И. Юрьев. О вальцовке рамных пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959.

Поступила 12 мая 1970 г.

ЛДК 674-415

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ СБЕГА БРЕВЕН В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОГАНОГО ШПОНА*

И. М. ДЫСКИН

Брянский технологический институт

Один из путей увеличения выхода строганого шпона — наиболее полное использование сбеговой зоны бревен. Степень использования этой зоны зависит от формы и размеров бревен, а также от заданных размеров шпона. Размеры бревен характеризуются длиной L и диа-

* В работе принимали участие О. Г. Тайц и В. Н. Плахов.

метрами в вершине d и в комле D . При известных d и L диаметр в комле является функцией сбег бревна S . Размеры шпона — ширина листа b и длина l .

Важно установить связь между размерами шпона и параметрами бревна, чтобы заранее знать, в какой степени можно использовать объем бревна для получения шпона заданных минимальных размеров.

Сечения бревна плоскостями, параллельными его продольной оси, выражаются параболой (рис. 1)

$$x^2 + y^2 = A - Bz. \quad (1)$$

Выразив значение постоянных A и B через известные параметры бревна, получим

$$x^2 + y^2 = \frac{1}{4} \left(D^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} z \right). \quad (2)$$

Если воспользоваться выражением для сбег бревна

$$S = \frac{D - d}{L},$$

то уравнение параболы можно переписать в виде

$$x^2 + y^2 = \frac{1}{4} [D^2 - S(D + d)z]. \quad (3)$$

В выражение (3) входят величины, характеризующие форму и размеры бревна d , D , L , S и условия раскря:

x — расстояние плоскости пропила от оси бревна, y — полуширина листа шпона, z — его длина.

Для конкретного бревна при заданном расстоянии плоскости пропила от оси бревна можно определить ширину и длину получаемых листов шпона. Если заданы минимальная длина листа шпона $z = l_{min}$ и минимальная ширина $2y = b_{min}$, то можно найти расстояние крайнего пропила от оси бревна x для получения этих размеров.

Если пропил не выходит за пределы вершинного диаметра, то есть $x \leq \frac{d}{2}$, то длина листа шпона равна длине бревна, а ширину можно определить по формуле

$$2y = \sqrt{d^2 - 4x^2}.$$

При $x > \frac{d}{2}$ ширина в вершинной части равна нулю, а $l < L$

$$l = L \frac{D^2 - 4x^2}{D^2 - d^2}.$$

Обычно задача сводится к тому, что по минимальным ширине и длине шпона находят расстояние между крайними пропилами $2x$, обеспечивающее получение этих размеров.

В уравнение (2) подставим

$$y = \frac{b_{min}}{2} \text{ и } z = l_{min}$$

и решим его относительно x

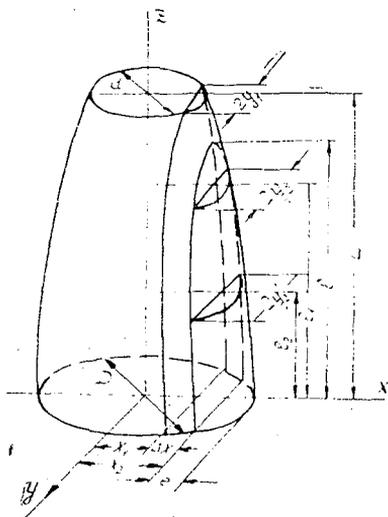


Рис. 1. Сечение бревна пропилами.

$$2x = \sqrt{(D^2 - b_{min}^2) - (D^2 - d^2) \frac{l_{min}}{L}}. \quad (4)$$

Формулой (4) можно пользоваться, когда заданы длина листа шпона $l_1 = l_{min}$ и ширина в вершине $2y_2 = b_{min}$, то есть на расстоянии $z = l_1$ от начала координат (рис. 1).

ГОСТ 2977—65 регламентирует минимальную длину листа шпона и ширину посередине его длины. Минимальная длина 1 м, а минимальная ширина 8 см. Ширина листа в верхней, наиболее узкой части, не лимитирована.

Для листа шпона шириной b_{min} на расстоянии от комля $\frac{l_{min}}{2}$

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{(D^2 - b_{min}^2) - (D^2 - d^2) \frac{l_{min}}{2L}}. \quad (5)$$

В зависимости от параметров бревна при $2y_2' = b_{min}$ и $l_2 = \frac{l_{min}}{2}$ (рис. 1) полная длина листа шпона l может быть больше или равна l_{min} (что удовлетворяет требованиям стандарта) или меньше l_{min} . В последнем случае крайний лист шпона нужно брать на таком расстоянии x от оси бревна, чтобы было соблюдено условие $l = l_{min}$ при ширине в вершине $b = 0$. На расстоянии от комля $l_2 = \frac{l}{2}$ значение $2y_2' > b_{min}$, и этот лист будет удовлетворять требованиям стандарта.

Можно найти граничные значения параметров бревна d , L и S , для которых удовлетворяется условие $2y_2' = b_{min}$ и $l_2 = \frac{l_{min}}{2}$ при $l \geq l_{min}$.

Согласно уравнению (3) на расстоянии x_2 от оси бревна

$$x_2^2 = \frac{1}{4} [D^2 - S(D + d)l_2] - y_2'^2$$

и

$$x_2^2 = \frac{1}{4} [D^2 - S(D + d)l]; \quad y = 0,$$

тогда

$$-S(D + d)l_2 - 4y_2'^2 = -S(D + d)l$$

или

$$l = l_2 + \frac{4y_2'^2}{S(D + d)}.$$

Известно, что

$$l_2 = \frac{l_{min}}{2}, \quad \text{а } 4y_2'^2 = b_{min}^2,$$

тогда

$$l = \frac{l_{min}}{2} + \frac{b_{min}^2}{S(D + d)}.$$

Длина листа шпона $l \geq l_{min}$, когда

$$\frac{b_{min}^2}{S(D + d)} \geq \frac{l_{min}}{2} \quad \text{или} \quad S(D + d) \leq \frac{2b_{min}^2}{l_{min}}.$$

Выразив D через $d + SL$, получим

$$S(2d + SL) \leq \frac{2b_{min}^2}{l_{min}}$$

Пользуясь этой зависимостью, можно найти для любых значений b_{min} и l_{min} граничные величины параметров бревен d , L и S (рис. 2).

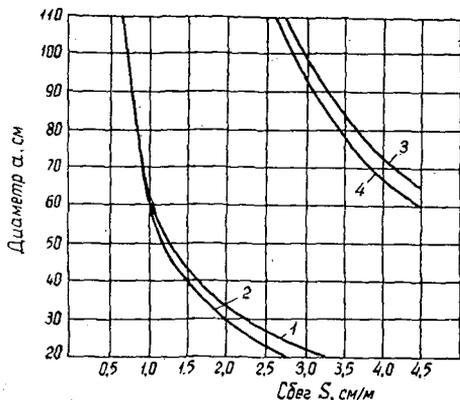


Рис. 2. График для определения граничных значений параметров бревен.

Кривые 1 и 2 на рис. 2 соответствуют длинам бревен 1 и 4 м (минимальная и максимально возможная длины шпона) и ширине листа шпона $b_{min} = 8,5$ см (при строгании шпона кряжевым способом) на расстоянии 0,5 м от комля; кривые 3 и 4 соответствуют длинам бревен 1 и 4 м и $b_{min} = 17,5$ см (при строгании ванчесным трехсторонним способом) на расстоянии 0,5 м от комля.

Из бревен, для которых d и S лежат ниже соответствующей кривой, получается крайний лист шпона с b_{min} на расстоянии $\frac{l_{min}}{2}$ от комля и общей длиной $l > l_{min}$. Из бревен, значения d и S которых определяются по самой кривой, длина крайнего листа $l = l_{min}$. У бревен, величины d и S которых лежат выше соответствующей кривой, длина крайнего листа шпона $l < l_{min}$.

Для производственных условий удобнее знать не расстояние между пропилами $2x$, а толщину срезаемого горбыля e (рис. 1), обеспечивающую получение шпона заданных минимальных размеров. Толщина горбыля (со стороны комлевого диаметра)

$$e = \frac{D - 2x}{2} = \frac{1}{2}(D - 2x). \quad (6)$$

Значение $2x$ находят по уравнению (4) или (5).

Для пород древесины, у которых при обмере шпона не учитывается заболонь (дуб, ясень, красное дерево), в формулу вместо d нужно подставить значение $d - 2h$, вместо D — величину $D - 2h$ (h — ширина заболони); тогда толщина срезаемого горбыля $e + h$. Так как размеры шпона устанавливаются для влажности древесины $8 \pm 2\%$, то в формулу нужно подставить значение ширины с припуском на усушку, или $b_{min} + k$ (k — величина припуска на усушку). Поскольку стандартом устанавливаются размеры шпона по среднему листу пачки, то толщину срезаемого горбыля можно уменьшить на половину допускаемой толщины пачки H . Тогда для пород с учитываемой заболонью толщина срезаемого горбыля равна $e - \frac{H}{2}$, для пород с неучитываемой заболонью — $e + h - \frac{H}{2}$.

На основании формулы (6) можно построить номограммы для определения толщины срезаемого горбыля, обеспечивающего получение шпона заданных минимальных размеров, из бревен с различными значениями d , L и S .

В качестве примеров на рис. 3 и 4 приведены номограммы для определения толщины срезаемого горбыля при получении шпона с но-

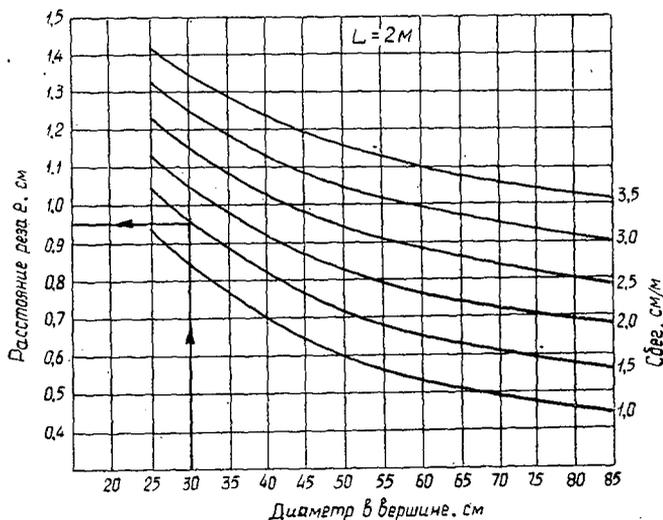
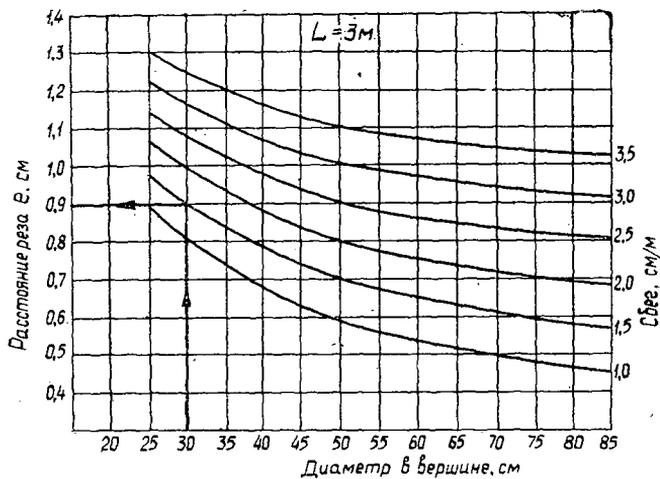


Рис. 3. Номограмма для определения толщины срезаемого горбыля при $b_{min} = 8,5$ см.

минальным размером по ширине 8 см на расстоянии 0,5 м от комля; на рис. 3 — при раскросе на ванчesy для строгания кряжевым способом, на рис. 4 — ванчесным трехсторонним.

С уменьшением допускаемых размеров шпона по ширине и длине увеличивается объем использования сбеговой зоны бревен. В этом случае важно определить величину дополнительного объема. Пусть требуется определить величину объема, ограниченного сечениями на расстоянии x_2 и x_1 от оси бревна (рис. 1).

В общем виде

$$V = \iint z \, dx \, dy - \iint (z - L) \, dx \, dy.$$

Если оба сечения выходят за пределы вершинного диаметра, то есть $x_1 > d$ и $x_2 > d$, то в выражении для объема второй член будет отсутствовать.

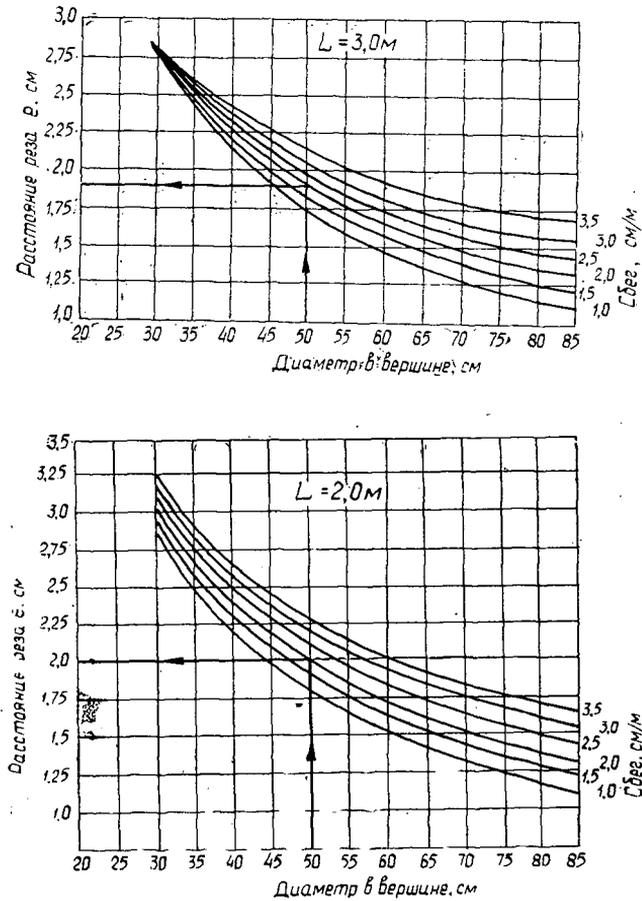


Рис. 4. Номограмма для определения толщины срезаемого горбыля при $b_{\min} = 17,5 \text{ см}$.

$$V = 2 \int_{x_1}^{x_2} dx \int_0^{\sqrt{\frac{1}{4}D^2 - x^2}} z dy - 2 \left[\int_{x_1}^{x_2} dx \int_0^{\sqrt{\frac{1}{4}d^2 - x^2}} z \cdot dy - L \int_{x_1}^{x_2} dx \int_0^{\sqrt{\frac{1}{4}d^2 - x^2}} dy \right] \quad (7)$$

Из уравнения (2) найдем

$$z = \frac{4L}{D^2 - d^2} \left[\frac{1}{4} D^2 - (x^2 + y^2) \right].$$

Подставив в формулу (7) значение z и проинтегрировав, получим

$$\begin{aligned} V = & \frac{1}{8} \cdot \frac{L \cdot D^4}{D^2 - d^2} \left[\frac{2x}{3} \left(\frac{5D^2 - 2(2x)^2}{D^4} \sqrt{D^2 - (2x)^2} + \right. \right. \\ & + \left. \arcsin \frac{2x}{D} \right]_{x_1}^{x_2} - \frac{L}{D^2 - d^2} \left[\frac{d^2}{4} \left(D^2 - \frac{1}{2} d^2 \right) \arcsin \frac{2x}{d} + \right. \\ & + \left. x \sqrt{\frac{1}{4} d^2 - x^2} \left(D^2 - \frac{1}{6} d^2 - \frac{4}{3} x^2 \right) \right]_{x_1}^{x_2} + \\ & + \frac{Ld^2}{4} \left[\arcsin \frac{2x}{d} + \frac{2x}{d} \sqrt{1 - \left(\frac{2x}{d} \right)^2} \right]_{x_1}^{x_2} \quad (8) \end{aligned}$$

Если $x_1 < d$, а $x_2 > d$, то вместо x_2^* подставим значение $\frac{d}{2}$.

Проведенные теоретические расчеты показывают, что степень использования сбеговой зоны зависит от способа раскроя кряжей на заготовки для строгания, от параметров применяемых бревен и заданных минимальных размеров шпона.

Поступила 3 июня 1970 г.

УДК 634.0.865

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ

А. Д. ЛАЗАРЕВА, Э. А. ЮСУПОВА

Уральский лесотехнический институт

Цель наших исследований — разработать оптимальный режим получения пластиков без связующих веществ на основе методов математической теории планирования эксперимента.

Для выявления основных закономерностей процесса получения пластиков из отходов целлюлозного производства, в частности, из осинового дробленки (отходов отсева щепы на целлюлозном заводе), мы использовали метод ротатабельного центрального композиционного планирования второго порядка [1].

Независимыми переменными выбраны следующие факторы: \tilde{X}_1 — температура горячего прессования, °С; \tilde{X}_2 — влажность исходного материала, %; \tilde{X}_3 — продолжительность горячего прессования, мин на 1 мм толщины готового пластика.

Эти переменные величины оказывают наиболее существенное влияние на физико-механические свойства пластиков. Давление прессования принято постоянным (25 кгс/см²). Параметры оптимизации: Y_1 — предел прочности при статическом изгибе, кгс/см²; Y_2 — разбухание по толщине за 24 часа, %. По этим показателям можно судить о прочности и водостойкости пластиков.

Условия варьирования независимых переменных представлены в табл. 1.

Основной уровень был взят из априорной информации [2]. Интервалы варьирования выбраны с таким расчетом, чтобы не выйти за пределы области получения пластиков.

Таблица 1

Фактор	Обозначение	X_1	X_2	X_3
Основной уровень	°	175	18	1,0
Интервал варьирования		10	4	0,3
Верхний уровень*	+	185	22	1,3
Нижний "	—	165	14	0,7

Матрица центрального композиционного ротатабельного униформ-планирования второго порядка и результаты опытов Y_1 и Y_2 показаны в табл. 2. Коэффициенты регрессии вычисляли на ЭЦВМ «М-20».

№ опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Y_1	Y_2
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	131	5,5
2	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	143	6,8
3	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	167	5,2
4	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	165	19,1
5	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	144	6,0
6	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	138	7,7
7	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	171	20,3
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	134	24,0
9	1	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	156	7,5
10	1	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	147	18,0
11	1	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	113	8,21
12	1	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	131	22,4
13	1	0	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	140	9,1
14	1	0	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	114	28,0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	9,31
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	10,4
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	7,0
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	6,3
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	8,9
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	10,3

Полученные уравнения регрессии имеют следующий вид:

$$\hat{Y}_1 = 159,5798 + 3,1152X_1 - 8,1472X_2 + 5,6180X_3 - 0,1216X_1^2 - 9,6690X_2^2 - 7,9010X_3^2 - 4,3750X_1X_2 - 6,6250X_1X_3 - 5,6250X_2X_3; \quad (1)$$

$$\hat{Y}_2 = 8,8335 - 2,8599X_1 - 4,8677X_2 - 3,8358X_3 + 0,5616X_1^2 + 1,4633X_2^2 + 2,6126X_3^2 + 2,3250X_1X_2 - 1,2250X_1X_3 + 1,8250X_2X_3, \quad (2)$$

где X_1, X_2, X_3 — кодированные переменные, связанные простыми соотношениями с исходными натуральными переменными

$$X_i = \frac{\tilde{X}_i - \tilde{X}_{i0}}{\tilde{X}_{ia}}$$

здесь X_i — кодированная переменная;

\tilde{X}_i — натуральная переменная;

X_{i0} и X_{ia} — соответственно нулевой уровень и интервал варьирования.

Эти уравнения адекватно описывают результаты экспериментов. Адекватность проверяли с помощью критерия Фишера [1] при 5%-ном уровне значимости, принятой в деревообрабатывающей промышленности:

$$\text{для } Y_1 \quad F_p = 2,53; \quad F_T = 2,93;$$

$$\text{для } Y_2 \quad F_p = 1,17; \quad F_T = 2,54,$$

где F_p — расчетное значение критерия Фишера;

F_T — табличное значение критерия Фишера.

Для исследования полученной математической модели была изучена поверхность отклика в особой точке.

Координаты особой точки в натуральных переменных

$$\text{для } Y_1 \quad \tilde{X}_{01} = 168^\circ\text{C};$$

$$\tilde{X}_{02} = 16\%;$$

$$Y_{01} = 162,8683;$$

$$\tilde{X}_{03} = 1,25 \text{ мин/мм};$$

для $Y_2 \quad \tilde{X}_{01} = 177^\circ\text{C};$
 $\tilde{X}_{02} = 23,2\%; \quad Y_{02} = 4,7543;$
 $\tilde{X}_{03} = 1,10 \text{ мин/мм}.$

Каноническая форма рассматриваемых уравнений регрессии

$$Y_1 - 162,8683 = 1,2174X_1^2 - 12,8463X_2^2 - 6,0627X_3^2; \quad (3)$$

$$Y_2 - 4,7543 = -0,5682X_1^2 + 2,0890X_2^2 + 3,1167X_3^2. \quad (4)$$

Как видно из выражения (3), для предела прочности при статическом изгибе (Y_1) особая точка не является экстремальным значением функции. Это видно и из двумерных поверхностей отклика, приведенных на рис. 1. По переменным X_1 и X_2 , X_1 и X_3 получились сопряженные гиперболы, особая точка является минимаксом. Чтобы увеличить функцию отклика, необходимо двигаться от особой точки вдоль оси X_1 , а переменные X_2 и X_3 стабилизировать на уровнях, соответствующих этой точке.

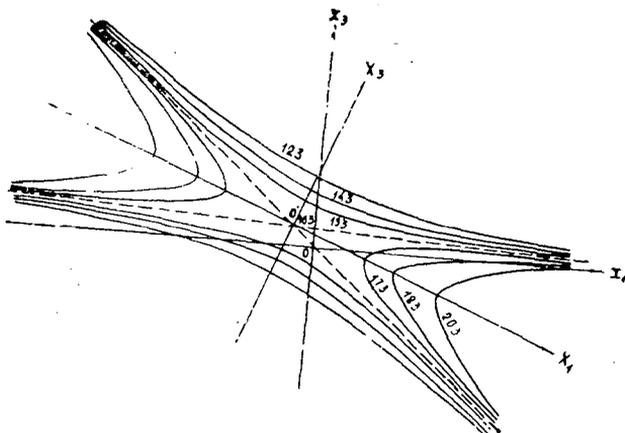


Рис. 1.

В рассматриваемых пределах варьирования температуры прессования при прочих факторах, зафиксированных на одинаковых уровнях, прочность пластиков изменяется незначительно. Если температура выше принятого верхнего уровня (185°C), то прочность резко падает, так как начинаются экзотермические процессы.

При разбухании по толщине за 24 часа (Y_2) особая точка является минимаксом. Для уменьшения функции нужно двигаться из этой точки вдоль оси X_1 . Величину разбухания в особой точке можно считать минимальной для данной функции, так как увеличение темпера-

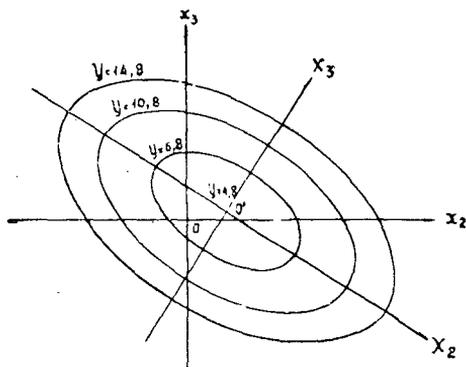


Рис. 2.

туры прессования \tilde{X}_1 выше температуры, полученной в особой точке, как экономически, так и практически нецелесообразно.

Двумерное сечение по переменным X_2 и X_3 (рис. 2) образует эллипсы с минимумом в центре фигуры. Удаление в любом направлении от центра эллипса ведет к увеличению разбухания пластика по толщине. На предел прочности Y_1 и разбухание по толщине Y_2 наибольшее влияние оказывает влажность исходного материала X_2 . Как видно из координат полученных центров фигуры, оптимальные значения для Y_1 и Y_2 получаются при разных параметрах прессования.

Рассматривая совместно обе поверхности отклика, мы нашли компромиссное решение задачи и проверили его экспериментально.

Результаты опытов представлены в табл. 3, из данных которой видно, что расчетные (предказанные) значения хорошо согласуются с экспериментальными, а режимы, выбранные с учетом варьирования факторов, можно считать оптимальными.

Таблица 3

\tilde{X}_1	\tilde{X}_2	\tilde{X}_3	Y_1		Y_2	
			опытный	расчетный	опытное	расчетное
180	16	1,1	173	168	6,3	6,1
180	18	1,0	170	165	6,9	6,8

Пользуясь эмпирически найденными поверхностями отклика, можно определить параметры оптимизации в любой интересующей нас точке факторного пространства рассматриваемой области планирования. Примененный метод математического планирования позволил значительно сократить объем экспериментальных работ.

На основании проведенных исследований установлен оптимальный режим и получен достаточно водостойкий и прочный пластик из осинового дробленки, физико-механические показатели которого позволяют рекомендовать его для настила чистых полов, облицовки стен, подшивки потолков, а также для изготовления встроенной мебели и столярных изделий.

Ориентировочная себестоимость пластиков из осинового дробленки 0,60 руб. за 1 м². Срок окупаемости капитальных вложений на строительство цехов по производству пластиков — 2—2,5 года.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», 1965. [2]. Труды Уральского лесотехнического института. Вып. 19, Свердловск, 1966.

Поступила 9 апреля 1970 г.

УДК 621.933.6

КРИТЕРИИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ

Л. П. ПОТЯРКИН

Архангельский лесотехнический институт

Для характеристики режима вращения коленчатого вала δ [4] недостаточно знать коэффициент неравномерности его вращения, показывающий изменение угловой скорости за один оборот. При дина-

мическом расчете лесопильной рамы важнее знать интенсивность нарастания или убывания угловой скорости, чем разность ее экстремальных значений.

Рассмотрим характер изменения углового ускорения, динамического и характеристического критерия неравномерности вращения коленчатого вала. Угловое ускорение определяется равенством

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \cdot \frac{d\omega}{d\varphi}. \quad (1)$$

При дифференцировании графика угловой скорости коленчатого вала по углу поворота кривошипа получим $\frac{d\omega}{d\varphi}$. Чтобы рассчитать угловое ускорение кривошипа в рассматриваемой точке, величину $\frac{d\omega}{d\varphi}$ необходимо умножить на мгновенное значение угловой скорости для данной точки. При дифференцировании использовано аналитическое уравнение угловой скорости коленчатого вала, полученное на основании гармонического анализа. Результаты вычислений представлены на рис. 1.

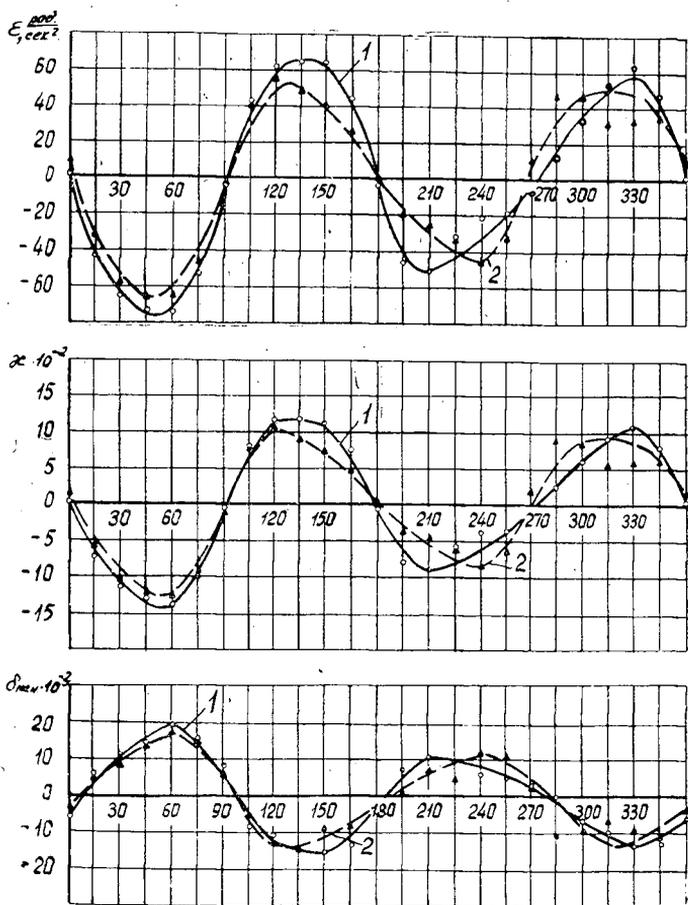


Рис. 1. Графики изменения углового ускорения ε , характеристического критерия χ и динамического коэффициента неравномерности вращения коленчатого вала $\delta_{\text{дин}}$ при работе лесопильной рамы РД75-7 вхолостую (кривые 1) и под нагрузкой (кривые 2).

Из графиков видно закономерное изменение углового ускорения за один оборот коленчатого вала, соответствующее характеру изменения угловой скорости. При работе лесопильной рамы вхолостую максимальное изменение углового ускорения в большинстве случаев наблюдается в 1—2-ой четвертях поворота кривошипа, а при работе под нагрузкой это явление наблюдается в случае поворота кривошипа из 4-й четверти в 1-ю.

Более жесткая ременная передача для однотипных лесопильных рам приводит к более плавному изменению угловой скорости за один оборот коленчатого вала и к меньшему интервалу изменения углового ускорения. Полученные графики изменения углового ускорения за один оборот коленчатого вала хорошо согласуются с зависимостью

$$\epsilon = -\delta\omega^2 \sin 2\varphi, \quad (2)$$

позволяющей определить возможное угловое ускорение для любого угла поворота кривошипа с учетом фактической степени неравномерности вращения вала.

Для каждого положения кривошипа на определенном интервале его движения имеем мгновенное значение средней угловой скорости, отличающееся от средней планиметрической за один оборот коленчатого вала. Отсюда для каждого угла поворота кривошипа можно рассчитать величину динамического, или мгновенного, коэффициента неравномерности вращения вала $\delta_{\text{мгн}} = f(\varphi)$ по формуле (3), а коэффициент неравномерности характеризуется отношением разности экстремальных значений угловой скорости к средней угловой скорости за один оборот кривошипа

$$\delta_{\text{мгн}} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

где ω_1 — мгновенное значение угловой скорости для предыдущего положения кривошипа;

ω_2 — мгновенное значение угловой скорости для данного положения кривошипа.

Результаты вычислений представлены графиками $\delta_{\text{мгн}} = f(\varphi)$ на рис. 1. На кривых характерные точки соответствуют максимальным δ_{max} , минимальным δ_{min} и нулевым значениям динамического коэффициента неравномерности вращения коленчатого вала. Эти значения соответствуют экстремальным величинам угловой скорости и указывают на начало торможения и повышения угловой скорости коленчатого вала.

Угловое ускорение аналогично динамическому коэффициенту неравномерности вращения коленчатого вала характеризуется изменением угловой скорости за один оборот кривошипа. Однако для определения углового ускорения необходимо иметь уравнение изменения угловой скорости кривошипа в аналитическом виде, а для нахождения динамического коэффициента неравномерности вращения коленчатого вала достаточно иметь мгновенные значения угловой скорости через определенный интервал.

В работах И. И. Артоболевского [1], [2] и С. Ф. Лебедева [3] дается понятие о характеристическом критерии режима движения машин

$$\chi = 2 \frac{d\omega}{\omega^2} = 2 \frac{d\omega}{\omega d\varphi}. \quad (4)$$

В указанных работах $\chi = f(\varphi)$ рассматривается как функция, характеризующая относительные значения сил инерции начального

движения по сравнению с силами инерции в период установившегося движения машины. Чем больше коэффициент κ , тем существеннее влияние сил инерции начального движения, приводящих к появлению дополнительных динамических нагрузок на звенья машины.

Рассмотрим механический смысл критерия $\kappa = f(\varphi)$. Умножив числитель и знаменатель выражения (4) на величину приведенного момента инерции, получим

$$\kappa = 2 \frac{I_{\text{пр}} \frac{d\omega}{dt}}{I_{\text{пр}} \omega^2} = \frac{M}{T}, \quad (5)$$

где M — динамический момент, равный моменту сил инерции начального движения;

T — кинетическая энергия машины.

Таким образом, характеристический критерий κ дает отношение динамического момента M к полной кинетической энергии T машины и можно исследовать изменение κ в функции угла поворота φ ведущего вала. Нами сделана попытка использования характеристического критерия режима движения машин для анализа угловой скорости коленчатого вала исследуемых лесопильных рам (рис. 1).

Согласно исследованиям И. И. Артоболевского [1], при динамическом расчете в случае $\kappa \approx \delta$ можно ограничиться учетом только сил инерции установившегося движения. Во всех других случаях пренебрежение силами инерции вследствие неравномерного движения или недопустимо, или должно быть изучено отдельно, и возможность такого допущения доказана. Поэтому при динамическом исследовании и расчете лесопильных рам важно выяснить вопрос об изменении функции $\kappa = f(\varphi)$ на всем интервале движения коленчатого вала.

На примере лесопильной рамы РД75-7 рассмотрим изменение характеристического критерия режима вращения коленчатого вала при работе лесопильной рамы волостую с обычным кривошипно-шатунным механизмом (рис. 2). С помощью графика $\kappa = f(\varphi)$ определяют, на каких интервалах движения коленчатого вала величина κ больше тех значений, когда можно не учитывать влияние сил инерции от неравномерного движения. Если предельно допустимое для расчета значение κ обозначить через $\bar{\kappa}$, то, отложив величины $\pm \bar{\kappa}$ на графике $\kappa = f(\varphi)$ (рис. 2), получим, что на интервалах движения коленчатого вала ab , cd , ef , gh необходимо учитывать дополнительные силы инерции от неравномерного движения. График $\kappa = f(\varphi)$ позволяет также определить то положение, в котором характеристический критерий достигает максимального значения κ_{max} . Это указывает на наиболее существенное влияние сил инерции начального движения на силы инерции установившегося движения.

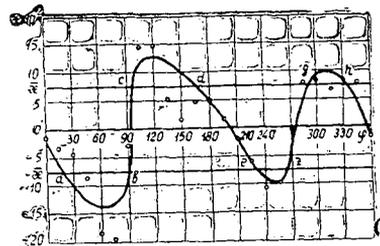


Рис. 2.

При расчетах принято [1] не учитывать дополнительные силы инерции от неравномерного движения, составляющие меньше 5% от сил инерции установившегося движения; тогда $\kappa = \delta$. Отсюда коэффициент

$$\sigma = \frac{|\kappa_{\text{max}}|}{|\bar{\kappa}|}. \quad (6)$$

В табл. 1 приведены значения отклонения α_{max} от допустимого для всех лесопильных рам при работе вхолостую и под нагрузкой. Из данных этой таблицы видно, что при работе вхолостую максимальное превышение сил инерции неравномерного движения над силами инерции установившегося движения составляет около 13% против 11% при работе под нагрузкой. Это превышение сил инерции в определенной степени зависит от жесткости привода. Для однотипных лесопильных рам с клиноременной передачей по сравнению с плоскоремненной превышение меньше.

Таблица 1

Лесопильные рамы	При работе вхолостую		При работе под нагрузкой	
	σ	$\Delta P_{ин}, \%$	σ	$\Delta P_{ин}, \%$
РД75-7 ЭПЗ	2,595	12,98	2,212	11,06
РД75-7 комбинат № 1	1,843	9,22	1,907	9,54
РД75-6 ($H=700$ мм) комбинат № 1	2,034	10,17	1,897	9,48
РД75-2 № 1 ЛДК	1,850	9,25	1,923	9,62
РД75-2 № 2 ЛДК	2,181	10,90	1,870	9,35
РД50-3 № 1 ЛДК	2,034	10,17	2,032	10,16
РД50-3 № 2 ЛДК	1,983	9,92	1,927	9,64
„Содерхамн“ ЭПЗ	2,132	10,66	2,075	10,38

При расчете лесопильных рам фактически не учитываются дополнительные силы инерции вследствие неравномерного вращения колнчатого вала по сравнению с силами инерции при установившемся движении.

Рассмотрим пути снижения сил инерции от неравномерного движения, которые оказывают вредное влияние. По данным исследований И. И. Артоболевского [1], [2], зависимость характеристического критерия $\alpha = f(\varphi)$ можно определить при помощи дифференциального уравнения движения колнчатого вала

$$M_d - M_c = I_{пр} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \cdot \frac{dI_{пр}}{d\varphi}, \quad (7)$$

где M_d — приведенный момент движущих сил, $M_d = f(\varphi)$;

M_c — приведенный момент сил производственных сопротивлений,
 $M_c = f(\varphi)$;

$I_{пр}$ — приведенный момент инерции механизма резания лесопильной рамы, $I_{пр} = f(\varphi)$.

Разделив правую и левую части этого уравнения на величину кинетической энергии механизма резания лесопильной рамы $T = \frac{I_{пр} \cdot \omega^2}{2}$

и обозначив $M_d - M_c = \Delta M$ и $\frac{dI_{пр}}{d\varphi} = I'_{пр}$, с учетом уравнения (4)

получим

$$\alpha = \frac{\Delta M}{T} - \frac{I'_{пр}}{I_{пр}}. \quad (8)$$

Влияние сил инерции от неравномерного движения полностью исключается, если в уравнении (8) на всем интервале движения колнчатого вала характеристический критерий α меньше или равен заданному предельному значению $\bar{\alpha}$ [1]. Это приведет к условию

$$\frac{\Delta M}{T} - \frac{I'_{пр}}{I_{пр}} \leq \bar{\alpha}. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что приближение разности, стоящей в левой части, к величине \bar{x} может быть достигнуто путем соответствующего подбора функции $T = f(\varphi)$ или $I_{пр} = f(\varphi)$, или, наконец, одновременным подбором обеих функций. Для удовлетворения условия (9) на некоторых интервалах движения коленчатого вала следует вводить в механизм резания соответствующие приведенные массы, изменяющиеся по определенному закону. Приведенные массы необходимы для аккумулялирования энергии на интервалах с малыми значениями характеристического критерия x .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. И. Артоболевский. К вопросу о режиме движения машин. Известия АН СССР. Отделение технических наук, № 12, 1952. [2]. И. И. Артоболевский. Об одном критерии режима установившегося движения рабочих машин. Сборник трудов по сельскохозяйственной механике, том II, Сельхозгиз, М., 1954. [3]. С. Ф. Лебедев. О неравномерности хода машины-двигателя. Труды Московского института сельскохозяйственного машиностроения, сборник 1; 1933. [4]. Л. П. Потяркин. Экспериментальное исследование неравномерности вращения коленчатого вала лесопильной рамы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968.

Поступила 28 января 1970 г.

УДК 634.0.812

УДАРНАЯ ТВЕРДОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ БУКА ЕВРОПЕЙСКОГО

А. Л. СИНЬКЕВИЧ, Л. А. ЕМЕЛЬЯНОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Исследования ударной твердости древесины бука европейского были проведены нами по ГОСТу 11498—65 на материале, полученном в Доброгостовском лесничестве Дрогобычского лесхоза УССР. Для изучения физико-механических свойств древесины бука в типе леса «свежая бучина» (D_2) были заложены две пробные площади, на каждой из которых было срублено по 6 модельных деревьев согласно требованиям ОСТА НКЛес 196. Из каждого дерева по высоте ствола было вырезано три кряжа длиной 1,5 м каждый (на высоте 1,3 и 7 м и на 1 м ниже кроны).

Пробная площадь № 1 размером 2,86 га расположена на северо-восточном склоне крутизной 15°. Таксационная характеристика древостоя — состав 6Бк_v4Пх_v, ед.Е_v, возраст бука 97 лет, средний диаметр деревьев 52,1 см, средняя высота 34,6 м. Полнота 0,9; класс бонитета Ia.

Пробная площадь № 2 размером 1,40 га расположена на северном склоне крутизной 15°. Таксационная характеристика древостоя — состав 7Бк_v3Пх_v, ед.Д_v, возраст бука 87 лет, средний диаметр деревьев 40,8 см, средняя высота 31,9 м. Полнота 0,74; класс бонитета Ia. Для пробной площади № 1 высота над уровнем моря 550—600 м, для площади № 2 — 450—520 м.

Полученные значения твердости древесины были приведены к влажности 15%. При отборе образцов для испытаний поперечные сечения кряжей размечали на три зоны — периферическую, среднюю и центральную, включающую ложное ядро. По каждой зоне испытано в среднем по 10 образцов древесины. Всего испытано 1090 образцов. Результаты испытаний представлены в табл. 1 и 2, причем в табл. 1 приведены данные об изменении ударной твердости древесины по радиусу ствола, в табл. 2 — по высоте ствола.

Таблица 1

Зона по сечению ствола	Число образцов	Среднее арифметическое M	$\pm\sigma$	$\pm m$	v	p	Сравниваемые зоны	Достоверность разницы
На высоте 1,3 м								
Периферическая 1	63	934	51,61	15,91	5,6	1,7	1-2	1,2 < 3,1
Средняя 2	62	960	45,33	14,20	4,7	1,5	2-3	0,5 < 3,1
Центральная 3	63	972	60,71	18,70	6,2	1,9	1-3	1,5 < 3,1
На высоте 7 м								
Периферическая 1	63	919	60,80	18,79	6,6	2,0	1-2	0,7 < 3,1
Средняя 2	64	939	59,51	18,18	6,3	1,9	2-3	0,8 < 3,1
Центральная 3	63	960	59,11	18,11	6,1	1,9	1-3	1,6 < 3,1
На высоте 1 м ниже кроны								
Периферическая 1	58	936	68,13	22,11	7,3	2,4	1-2	0,1 < 3,1
Средняя 2	63	933	59,94	18,48	6,4	2,0	2-3	0,8 < 3,1
Центральная 3	58	952	48,72	15,76	5,2	1,7	1-3	0,6 < 3,1

Примечание. Результаты по обеим пробным площадям аналогичны, поэтому в таблице приводятся данные только по площади № 1. Достоверность разницы вычисляли по формуле $\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geq 3 + \frac{6}{n-4}$.

Таблица 2

Высота взятая образцов, м	Число образцов	Среднее арифметическое M	$\pm\sigma$	$\pm m$	v	p	Сравниваемые зоны	Достоверность разницы
Пробная площадь № 1								
1,3 (А)	188	955	55,48	9,92	5,8	1,0	А-Б	1,0 < 3,03
7 (Б)	190	940	66,40	11,79	7,0	1,2	Б-В	0,06 < 3,03
1 м ниже кроны (В)	179	939	63,10	11,56	6,7	1,2	А-В	0,1 < 3,03
Пробная площадь № 2								
1,3 (А)	187	980	60,20	10,77	6,1	1,1	А-Б	3,1 > 3,03
7 (Б)	181	934	55,54	10,11	5,9	1,1	Б-В	0,1 < 3,04
1 м ниже кроны (В)	165	932	54,30	10,52	5,8	1,1	А-В	3,2 > 3,04

Полученные данные показывают, что ударная твердость древесины бука европейского, как правило, увеличивается по сечению ствола от периферии к центру и уменьшается по высоте дерева, хотя в большинстве случаев разница недоверна. По радиусу ствола наибольшая разница в значениях ударной твердости составляет 13,5%, а по высоте ствола — 12,1%. Указанная закономерность в изменении механических свойств древесины бука по радиусу и высоте ствола ранее отмечена в ряде работ [1] — [5], [7], [8], [10].

По обеим пробным площадям величина ударной твердости получилась практически одинаковой и для древесины прикарпатского бука в среднем может быть принята равной $947 \pm 10,85 \text{ гс} \cdot \text{мм}/\text{мм}^2$.

Величина ударной твердости для древесины бука намного больше, чем для березы [6], [9]. Исследованиями [1], [9] установлено, что связь ударной твердости с плотностью и основными показателями механических свойств древесины значительная. Выявление зависимости между ударной твердостью и показателями макроструктуры древесины, в частности, шириной годичного слоя, может иметь практическое значе-

ние при наличии тесной связи между этими величинами. Чтобы выяснить указанную зависимость, были вычислены коэффициенты корреляции отдельно для периферической и средней зон и для центральной части сечения ствола на разной высоте дерева.

Таблица 3

Высота взятия образцов, м	Количество образцов	Число годичных слоев в 1 см	Коэффициент корреляции	Средняя ошибка коэффициента корреляции m	$\frac{r}{m}$
Пробная площадь № 1					
1,3	60	2,0—5,4	-0,26	0,15	1,7 < 4
7	63	2,0—6,2	-0,36	0,11	3,3 < 4
1 м ниже кроны	57	1,8—5,7	-0,27	0,12	2,2 < 4
Пробная площадь № 2					
1,3	133	2,4—9,1	+0,06	0,09	0,7 < 4
7	145	2,0—10,5	-0,17	0,08	2,1 < 4
1 м ниже кроны	139	2,1—5,6	-0,26	0,08	3,2 < 4

В табл. 3 приведены значения коэффициентов корреляции и их ошибки, характеризующие степень связи ударной твердости древесины бука с числом годичных слоев в 1 см в целом по сечению. Коэффициенты корреляции и их отношения к средним ошибкам оказались незначительными по величине как для отдельных зон, так и для всего сечения, что говорит об отсутствии надежной зависимости между ударной твердостью и средней шириной годичного слоя. В большинстве случаев связь между величиной ударной твердости и средним числом годичных слоев отрицательная.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Т. Вакин, И. А. Чернцов, М. В. Акиндинов. Технические свойства древесины западноукраинского бука. «Лесная промышленность» № 3, 1952. [2]. В. В. Георгієвська. Фізико-механічні властивості деревини закарпатського бука. Доповіді АН УРСР № 6, Изд. АН УССР, 1950. [3]. Н. Я. Лейбович, А. С. Лебедев. Применение древесины ложного ядра бука для изготовления мебели. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 5, 6, 1931. [4]. Панэ, Гелмезиу. К вопросу об определении влияния различных гидро- и гидротермических обработок на упругость и сопротивление древесины бука. Реферативный журн. «Механика» № 9, Изд. АН СССР, 1956. [5]. Л. М. Перельгин. О физико-механических свойствах древесины бука. ЦНИИМОД, Сб. «К вопросу о замене дефицитных пород древесины». Государственное лесное техническое издательство, 1933. [6]. Руководящие технические материалы «Древесина. Показатели физико-механических свойств». Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. М., 1962. [7]. А. Л. Синькевич. О величине поправочного коэффициента на влажность для ударной твердости древесины бука европейского. Труды ВЗЛТИ, № 5, 1959. [8]. А. Л. Синькевич. О некоторых свойствах древесины дубокорого бука. Техническая информация ЛТА, № 15, Л., 1969. [9]. А. Л. Синькевич. Ударная твердость древесины березы. Сборник научных трудов ЛЛТИ, т. 1, 1954. [10]. А. И. Терлецкий. Древесина кавказского бука. Вестник Института древесины, № 2, 3, 1929.

Поступила 10 апреля 1970 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.992.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИГНИНА С СОПОЛИМЕРОМ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

В. Н. ВИХРЕВА, Л. Н. НАТКИНА, А. М. КУТНЕВИЧ, Н. Я. СОЛЕЧНИК

Ленинградская лесотехническая академия

К настоящему времени выполнен ряд работ [7]—[12] по изучению строения лигнина методом ИК-спектроскопии. Вместе с тем отмечается [9], что почти не исследованы спектры модифицированных лигнинов, поэтому мы считали, что описание даже внешних отличий ИК-спектров модифицированных лигнинов от контрольных образцов может представлять определенный интерес.

Как было показано нами [3], [4], при сополимеризации стирола и малеинового ангидрида в присутствии древесины происходит взаимодействие нативного лигнина с образующимся сополимером. Для выяснения вопроса о наличии химической связи между сополимером и лигнином был использован, кроме химических методов [4], способ инфракрасной спектроскопии.

Объектом исследования были образцы препаратов лигнина, выделенных из пресскпозиций, полученных обработкой березовых опилок смесью мономеров — стирол и малеиновый ангидрид (при различных соотношениях их), малеиновым и янтарным ангидридами (последними двумя опилки обрабатывали в условиях, максимально приближенных к условиям получения пресскпозиции [2]). Продукты реакции тщательно очищали от компонентов, не вступивших во взаимодействие с компонентами древесины, в первом случае путем исчерпывающей последовательной экстракции бензолом и ацетоном, в последних — обработкой водой. Из обработанных таким образом композиций выделяли лигнин по Класону в модификации Комарова и исследовали спектроскопически. При выделении лигнина из пресскпозиции, полученной обработкой смесью мономеров стирола и малеинового ангидрида, проводили дополнительную экстракцию ацетоном для удаления сополимера, освободившегося после гидролиза полисахаридной части; так что наличие физически адсорбированных малеинового и янтарного ангидридов, а также сополимера на поверхности исследуемых образцов исключается. Образцы для ИК-спектроскопии готовили в виде таблеток прессованием с бромистым калием (1%-ной концентрации). Запись производили на спектрофотометрах ИКС-14 и UR-10 с призмой из NaCl и LiF.

Спектры поглощения препаратов лигнина, выделенных из березовых опилок, обработанных малеиновым и янтарным ангидридами, приведены соответственно на рис. 1 и 2. В соответствии с нашими исследованиями наибольший интерес представляет область поглощения карбонильных групп $1600\text{--}1800\text{ см}^{-1}$, а также изменение интенсивности поглощения полос, ответственных за гидроксильные группы. Валентным колебаниям гидроксильных групп, включенных в водородную связь, как фенольным, так и спиртовым, приспосабливается интенсивная широкая полоса при 3400 см^{-1} , а также полоса при 1220 см^{-1} , относимая к колебаниям фенольных гидроксидов [10], [11].

Из рис. 1 (а, б, в, г, д) видно, что обработка опилок малеиновым ангидридом значительно снижает интенсивность полосы поглощения в области 3400 см^{-1} ; при этом с увеличением количества вводимого ангидрида снижение становится заметнее. Полоса 1220 см^{-1} исчезает и вместо нее появляется полоса 1207 см^{-1} , характерная для ненасы-

ценных сложных эфиров [1]. Это дает основание, в полном согласии с другими авторами [10], [11], считать, что гидроксильные группы лигнина участвуют в реакции с ангидридом и, как видно из дальнейшего, с образованием сложных эфиров. Исходный лигнин показывает довольно слабую полосу при $1714\text{--}1718\text{ см}^{-1}$. Согласно литературным данным [1], [13], эту полосу должны давать колебания $\text{C}=\text{O}$ групп сложноэфирной связи. По мере увеличения вводимого в опилки количества малеинового ангидрида в препаратах лигнина, полученных из этих опилок, интенсивность полосы $\text{C}=\text{O}$ монотонно повышается.

Интересно сопоставить зависимость интенсивности полос поглощения $\text{C}=\text{O}$ групп ($1712\text{--}1718\text{ см}^{-1}$) от типа вводимого ангидрида. Если в случае добавления малеинового ангидрида интенсивность полосы 1718 см^{-1} сразу же увеличивается, то при добавке янтарного ангидрида (рис. 2, б, в, г, д) интенсивность заметно повышается только после введения 50% ангидрида. Образование малеатов, следовательно, идет значительно интенсивнее, чем эфиров янтарной кислоты. Возможно, здесь имеет место и какой-либо еще другой механизм взаимодействия малеинового ангидрида с лигнином. Как известно, малеаты имеют две сильные полосы поглощения примерно в интервалах $1200\text{--}1110\text{ см}^{-1}$, обусловленные наличием группы $\text{C}=\text{O}$ у сложных эфиров [1]. Для эфиров янтарной кислоты характерны полосы $1310\text{--}1210\text{ см}^{-1}$. Как мы уже отмечали, эти полосы наблюдаются у выделенных лигнинов, в исходном лигнине такие группы не обнаруживаются.

Мы не располагали достаточным количеством данных, которые могли бы объяснить снижение интенсивности в области $1592\text{--}1596\text{ см}^{-1}$. Может быть, оно вызывается ослабленной карбонильной группой энольной формы структуры типа β -кетонов [5]. В ИК-спектрах образцов лигнинов, выделенных из пресскпозиций (рис. 3, б, в, г, д), кроме снижения интенсивности поглощения в области 3400 и 1220 см^{-1} , наблюдалось также уменьшение, а затем исчезновение полосы поглощения при 1090 см^{-1} , относимое за счет вторичных гидроксильных групп [6]. Наблюдалось и одновременное увеличение (сначала почти незаметное, а затем существенное) карбонильной полосы поглощения сложных эфиров при $1717\text{--}1730\text{ см}^{-1}$ и полосы при 1207 см^{-1} , обусловленной наличием группы $\text{C}=\text{O}$ у сложных эфиров [1]. Причем отмечена аналогия в поведении сополимера и янтарного ангидрида, о котором мы упоминали ранее [4].

В ИК-спектрах лигнинов, выделенных из пресскпозиций, обнаруживаются полосы, характерные для поглощения малеинового ангидрида, $1790\text{--}1850\text{ см}^{-1}$ [1], [6], а также полосы, характеризующие стирольную группу. В области 3038 см^{-1} появляются полосы, отвечающие валентным колебаниям $\text{C}-\text{H}$ связей, число которых обычно равно трем [1]; к колебаниям бензольного кольца стирола можно отнести появившуюся полосу 1177 см^{-1} и полосу при $750\text{--}770\text{ см}^{-1}$, которую считают весьма специфичной для фенильной группы [1]. В лигнине, выделенном из необработанных опилок, указанные выше полосы не наблюдались.

На основании проведенных спектрометрических исследований трудно сделать однозначные выводы о характере взаимодействия лигнина и сополимера, но несомненно, что факт взаимодействия и образование сложноэфирных связей имеют место.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. Беллами. Инфракрасные спектры сложных молекул. ИЛ, М., 1963.
 [2]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина. Материалы научно-технической конференции ХТФ ЛТА, ч. II, 1968. [3]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, Н. Я. Солечник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970. [4]. В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, Н. Я. Солечник. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1970.
 [5]. А. Н. Завьялов, Ю. В. Глазковский, С. С. Фролов. В сб. «Химия древесины», № 1. Изд. «Зинатне», Рига, 1968. [6]. К. Наканиси. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. Изд-во «Мир», М., 1965.
 [7]. В. М. Никитин, Г. Л. Бурков, В. М. Скачков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1968, 121—123. [8]. Ю. С. Пилипчук, Р. З. Пен, А. В. Финкельштейн. ЖФХ. XXXIX, вып. 7, 1965, 1768. [9]. Ю. С. Пилипчук, Р. З. Пен, А. В. Финкельштейн. Сб. «Химия древесины» № 1, Изд-во «Зинатне», Рига, 1968. [10]. Ю. С. Пилипчук, Р. З. Пен, А. В. Финкельштейн. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1968, 131—133. [11]. Ю. С. Пилипчук, Р. З. Пен, А. В. Финкельштейн. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1968, 167. [12]. Химия и биология лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз. По материалам международного симпозиума в Гренобле. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969. [13]. H. L. Hergert. J. Org. Chem., 25, 1960, 405.

Поступила 10 июля 1970 г.

УДК 661.728

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА НА ВЫДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Б. С. ФИЛИППОВ

Архангельский лесотехнический институт

Выход сульфатного мыла из черных щелоков сульфатно-целлюлозного производства определяется течением процессов электролитной коагуляции мыла и отстаивания высалившегося вещества. Концентрация электролитов слабого черного щелока недостаточна для коагуляции мыла, поэтому на практике прибегают к предварительному упариванию щелоков, что, однако, вызывает увеличение их вязкости и затрудняет отстаивание сульфатного мыла. В связи с этим представляет интерес определить минимально необходимую плотность черного щелока, которая обеспечила бы достаточно высокие коэффициенты извлечения сульфатного мыла при сравнительно низкой вязкости щелока.

Принятая для выделения сульфатного мыла на действующих предприятиях плотность черных щелоков колеблется от 1,12—1,13 и даже 1,10 до 1,18—1,20 в зависимости от технологических режимов, но по литературным источникам [1], [2], [3], [4], она не связана с составом выделяющихся смолистых веществ. Однако, исходя из влияния свойств поверхностно-активных веществ на их высаливание из коллоидных растворов, состав смолистых должен влиять одним из факторов, определяющих предельную концентрацию электролитов черных щелоков и, следовательно, весь процесс выделения сульфатного мыла.

Нами была проведена работа с целью определения плотности черных щелоков, соответствующей предельной концентрации электролитов. Для опытов использовали черные щелоки, полученные при сульфатной варке различных образцов хвойной древесины и их смесей. Щелоки упаривали под вакуумом до заданной относительной плотности 1,10—1,28, затем из них выделяли сульфатное мыло и определяли коэффициент его извлечения. Типичная зависимость коэффициента извлечения сульфатного мыла от плотности черного щелока при постоянном составе смолистых веществ представлена на рис. 1.

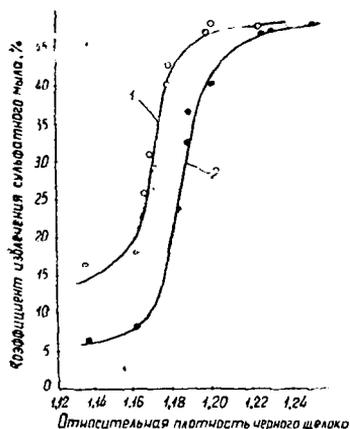


Рис. 1.

1, 2 — серии экспериментов.

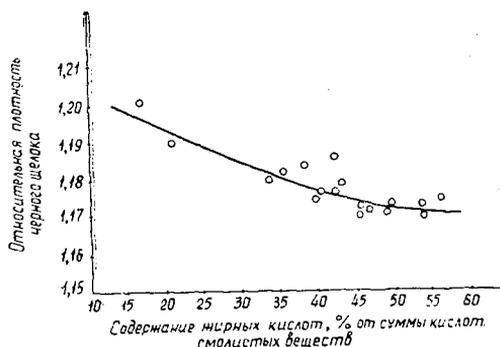


Рис. 2.

Для каждого из щелоков установлена плотность, соответствующая скачкообразному увеличению коэффициента извлечения сульфатного мыла, а также плотность, при которой коэффициент извлечения, достигнув величины, близкой к максимальной, в дальнейшем практически не возрастает. Влияние состава смолистых веществ на величину плотности черного щелока для одной из серий опытов показано на рис. 2. Графическая обработка экспериментальных данных, характеризующих зависимость указанных выше критических плотностей черных щелоков от состава смолистых веществ, представлена в табл. 1. В качестве параметра, определяющего состав смолистых веществ, принято отношение содержания в них жирных кислот к сумме жирных и смоляных кислот, так как в черном щелоке именно они образуют мицеллы, в углеводородных ядрах которых сольбилизируются молекулы неомыляемых веществ.

Таблица 1

Содержание жирных кислот в смолистых веществах, % к сумме жирных и смоляных кислот	Относительная плотность черного щелока, соответствующая (по рис. 1)	
	скачку величины коэффициента извлечения сульфатного мыла	началу зоны высоких коэффициентов извлечения сульфатного мыла
15	1,186	1,199
20	1,181	1,194
25	1,177	1,189
30	1,172	1,185
35	1,168	1,181
40	1,163	1,177
45	1,160	1,175
50	1,157	1,173
55	1,156	1,172
60	1,155	1,171

Из приведенных опытных данных следует, что необходимая для выделения сульфатного мыла плотность черного щелока зависит от состава смолистых веществ. При увеличении содержания жирных кислот в смолистых плотность щелока уменьшается. При этом в интервале относительного содержания жирных кислот 45—60%, то есть при составе, обычном для смолистых веществ хвойной древесины, плотность черного щелока, соответствующая достижению предельной концентрации электролитов для всех групповых компонентов смолистых, изменяется незначительно и составляет 1,171—1,175. При установленной ошибке определения относительной плотности $\pm 0,002$ найденную величину следует считать практически постоянной.

Таким образом, для получения достаточно высоких коэффициентов извлечения сульфатного мыла при примерно равном содержании жирных и смоляных кислот в смолистых веществах плотность черного щелока должна быть не ниже 1,170—1,175. При меньшем содержании жирных кислот плотность щелока должна быть увеличена.

Это подтверждается данными, которые получены нами при проведении опытов с лиственной древесиной (береза, тополь, осина). При выделении сульфатного мыла из черных щелоков, несмотря на то, что содержание жирных кислот в смолистых достигало 70—80%, дальнейшего снижения величины необходимой плотности щелока не происходило. Как и в опытах с хвойной древесиной, плотность находилась на уровне 1,170—1,175. Вероятно, именно эту плотность черного щелока следует считать минимально необходимой для осуществления процесса выделения сульфатного мыла путем отстаивания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. Гослесбумиздат, М., 1962. [2]. А. Я. Гольштейн. Обобщение опыта сбора и переработки сульфатного мыла. Л., 1956. [3]. Справочник бумажника. Т. 1, Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [4]. В. Д. Худовеков. Сульфатное мыло и талловое масло. Гослесбумиздат. М.—Л., 1952.

Поступила 16 марта 1970 г.

УДК 647.458.81

ЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННОЙ

СУЛЬФАТНАЯ ВАРКА ДАУРСКОЙ ЛИСТВЕННОЙ

Р. З. ПЕН, Л. Г. ХАУСТОВА, Г. М. ИОФФЕ

Сибирский технологический институт

Проведенные ранее исследования [2] показали, что даже оптимальные условия варки не позволяют получить прочной сульфатной целлюлозы из древесины лиственной. Между тем в описанных опытах для варок использовали древесину со сравнительно низким содержанием арабогалактана — 5,1% (далее эта древесина упоминается под шифром С-35). На практике приходится встречаться со значительно более «трудными» образцами, в которых содержание арабогалактана достигает 20% и более. Один из таких образцов *Larix dahurica* (шифр С-36), содержащий 21,2% арабогалактана и 3,5% веществ, экстрагируемых спирто-бензольным азеотропом, был использован нами для установле-

ния степени влияния повышенного содержания камедей в древесине на результат сульфатной варки.

Оба образца (С-35 и С-36) варили в одинаковых условиях по следующему режиму: гидромодуль 5,0; содержание активной щелочи в варочном растворе 38,8 г/л (в ед. Na_2O); степень сульфидности 22%; продолжительность подъема температуры до 172° — 150 мин; продолжительность варки при 172° — 80 мин. Опыты дублировали.

Результаты (средние значения для двух варок) приведены в табл. 1, из данных которой видно, что целлюлозы, полученные из различных по химическому составу образцов даурской лиственницы, имеют одинаковую степень делигнификации и очень близкие между собой механические показатели, но резко различаются по выходу. По-видимому, нет оснований низкие механические свойства сульфатной лиственничной целлюлозы объяснять высоким содержанием водоекстрактивных веществ в древесине.

Таблица 1

Шифр образца	Содержание арабгалактана, %	Выход целлюлозы, %	Число каппа	Механические показатели целлюлозы		
				разрывная длина, м	сопротивление продавливанию, кгс/см ²	сопротивление разрыванию, г
С-35	5,1	43,95	30,2	7490	4,10	192
С-36	21,2	34,50	29,9	7521	4,19	189

Дальнейшие исследования были продиктованы другой важной особенностью древесины лиственницы — ее повышенной плотностью. Плотная древесина недостаточно полно пропитывается варочным раствором в начальной стадии варки и, вероятно, можно несколько улучшить свойства целлюлозы, удлинив период подъема температуры в начале варки.

Для изучения этой возможности была проведена серия опытов по схеме центрального композиционного ротатбельного униформ-планирования второго порядка [1]. Объект исследования — образец древесины С-36. Все варки проводили при постоянной температуре 173° , сульфидности щелока 25% и гидромодуле 3,7. Крепость щелока была более высокой, чем в предшествующей серии исследований [2], однако расход активной щелочи оставался тем же самым — 17,4% Na_2O от веса древесины (в середине эксперимента).

Переменные факторы варки: X_1 — продолжительность подъема температуры до 173° , мин; X_2 — продолжительность варки при температуре 173° , мин; X_3 — концентрация активной щелочи в варочном растворе, г/л (ед. Na_2O).

Таблица 2

Уровни факторов	Продолжительность подъема температуры X_1 , мин	Продолжительность варки X_2 , мин	Концентрация активной щелочи (ед. Na_2O) X_3 , г/л
—1,682	153	33	41,9
—1,000	180	40	44,0
0,000	220	50	47,0
1,000	260	60	50,0
1,682	287	67	52,1
Интервалы варьирования	40	10	3,0

№ п/п	Матрица планирования			Выход целлюлозы, %		Число каппа	
	x_1	x_2	x_3	\bar{y}_1	\hat{y}_1	\bar{y}_2	\hat{y}_2
1	-1	-1	-1	39,70	39,18	39,60	36,84
2	1	-1	-1	37,86	37,86	31,12	28,53
3	-1	1	-1	37,58	37,56	35,59	31,55
4	1	1	-1	36,75	37,17	30,29	28,29
5	-1	-1	1	38,21	37,88	32,89	30,32
6	1	-1	1	36,09	36,20	26,02	25,57
7	-1	1	1	36,50	35,92	25,27	23,29
8	1	1	1	35,25	35,18	25,51	23,70
9	-1,682	0	0	37,68	38,41	29,61	34,26
10	1,682	0	0	37,08	36,67	25,77	27,62
11	0	-1,682	0	37,93	38,24	29,45	32,30
12	0	1,682	0	36,00	36,01	22,39	26,18
13	0	0	-1,682	37,83	37,79	25,08	29,69
14	0	0	1,682	34,65	35,01	18,51	20,34
15	0	0	0	35,46*	35,46	26,88*	26,67

Примечание. Звездочкой отмечены средние значения для шести варок.

Результаты варки оценивали следующими параметрами: y_1 — выход твердого остатка, %; y_2 — жесткость целлюлозы, ед. каппа; y_3 — разрывная длина целлюлозы, м; y_4 — сопротивление продавливанию, кгс/см²; y_5 — сопротивление раздиранию, г. Во всех целлюлозах не было непровара.

Условия планирования варок приведены в табл. 2, матрица планирования и результаты ее реализации (каждый показатель — средний для двух варок) — в табл. 3.

Результаты опытов аппроксимировались полиномами второго порядка общего вида

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^{C_k^2} b_{ij} x_i x_j$$

с нормированными значениями переменных x_i .

Переход к натуральным значениям переменных задается формулами

$$x_1 = \frac{X_1 - 220}{40}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 50}{10}; \quad x_3 = \frac{X_3 - 47}{3,0}.$$

Коэффициенты регрессии b_0 , b_i , b_{ii} и b_{ij} , значения стандартных ошибок $s^2(\hat{y})$, дисперсионные отношения $F_{ад}$ и табличные значения критерия Фишера $F_{0,01}$ для всех параметров $y_1 - y_5$ приведены в табл. 4.

Регрессионный анализ показал, что все модели адекватны соответствующим поверхностям отклика при 1%-ном уровне значимости, за исключением модели жесткости y_2 , оказавшейся слегка неадекватной (для нее $F_{ад} > F_{0,01}$).

Интересно проследить, как меняются свойства целлюлозы, если одновременно изменять продолжительность подъема температуры и продолжительность варки при конечной температуре таким образом, чтобы выход целлюлозы оставался неизменным. На рис. 1 изображена «линия равного выхода» $y_1 = 37,5\%$ в координатах $x_1 - x_2$ при посто-

Таблица 3

Механические свойства					
разрывная длина, м		сопротивление продавливанию, кгс/см ²		сопротивление раздиранию, г	
\bar{y}_3	\hat{y}_3	\bar{y}_4	\hat{y}_4	\bar{y}_5	\hat{y}_5
7239	7135	4,10	4,18	145,5	146,9
7639	7362	4,23	4,35	142,5	146,1
7848	7561	4,30	4,44	161,5	161,5
7570	7646	4,55	4,89	153,5	146,7
7894	7603	4,53	4,61	138,5	147,5
7801	7873	4,49	3,93	154,5	156,7
7478	7511	4,98	4,59	178,0	176,6
7750	7639	3,98	4,33	171,0	171,8
6862	7143	4,55	4,61	152,0	147,7
7421	7441	4,48	4,41	142,0	143,1
7377	7611	3,53	4,34	152,0	143,4
7707	7773	4,93	4,61	163,0	168,4
7208	7437	4,61	3,78	158,0	160,1
7753	7824	4,20	4,50	187,0	181,7
7482*	7484	4,02*	4,03	168,0*	168,1

Таблица 4

Показатели	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
b_0	35,458	26,668	7484,10	4,030	168,114
b_1	-0,516	-1,976	88,76	-0,057	-1,378
b_2	-0,661	-1,819	48,11	0,167	7,432
b_3	-0,825	-2,780	115,16	-0,032	6,427
b_{11}	0,737	1,511	-68,00	0,170	-8,035
b_{22}	0,590	0,909	73,57	0,012	-4,324
b_{33}	0,334	-0,587	51,83	0,187	0,979
b_{12}	0,235	1,286	-35,50	0,105	-3,500
b_{13}	-0,087	0,894	10,75	-0,177	2,500
b_{23}	0,085	-0,411	-129,50	-0,072	3,625
$s^2(\bar{y})$	0,251	0,941	30631	0,025	49,543
$F_{ад}$	1,02	22,63	1,66	3,17	3,15
$F_{0,01}$	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86

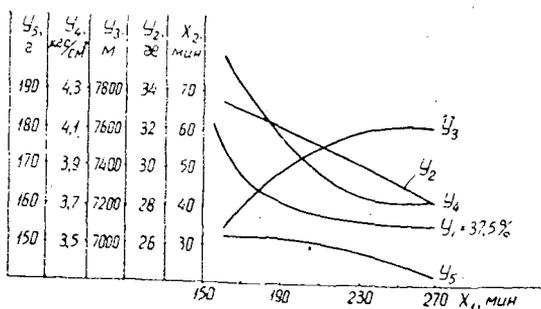


Рис. 1.

янной крепости варочного раствора $x_3 = 47,0$ г/л. Как и следовало ожидать, увеличение продолжительности заварки влечет за собой сокращение собственно варки. При этом несколько снижается жесткость.

целлюлозы (кривая y_2), увеличивается разрывная длина (кривая y_3) и заметно падает сопротивление продавливанию (кривая y_4), а сопротивление раздиранию почти не изменяется (кривая y_5).

Глобальные экстремумы функций y_3 — y_5 находятся настолько далеко за пределами изученной области факторного пространства, что экстраполяция не имеет смысла. Результаты показывают, что целлюлозу с разрывной длиной 7700—7800 м и числами каппа 22—25 можно получить без особых трудностей (табл. 3). Некоторое увеличение разрывной длины — до 7900—8000 м — с одновременным небольшим снижением сопротивления продавливанию можно достигнуть повышением расхода щелочи на варку и продолжительности подъема температуры с одновременным сокращением продолжительности стоянки; однако такой путь вряд ли целесообразен: положительный эффект слишком мал по сравнению с затратами.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд. «Наука», М., 1965. [2]. Р. З. Пен, Л. Г. Хаустова, Г. М. Иоффе. Целлюлоза из древесины лиственницы. Сульфатная варка даурской лиственницы. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1970.

Поступила 21 апреля 1969 г.

УДК 634.0.813

КИСЛОТЫ И ФЕНОЛЫ ГОЛОВНОЙ ФРАКЦИИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

В. Н. ПИЯЛКИН, Н. А. ИВАНОВ

Ленинградская лесотехническая академия

А. Г. ОЛЕЙНИК, А. В. ШАГИН

Котласский ЦБК

Для определения состава выделенных карбоновых кислот (кислоты I), фенолов и нейтральных соединений (нейтральные вещества I) головной фракции были применены методы газо-жидкостной хроматографии*. С целью более надежной идентификации карбоновых кислот мы использовали различное сочетание методов ГЖХ, то есть разделение метиловых эфиров кислот на полярной и неполярной неподвижных фазах, программирование температуры колонки (для улучшения коэффициента разделения) и анализ свободных жирных кислот головной фракции на колонке с небольшим содержанием неподвижной фазы.

Эфиры насыщенных жирных кислот элюируются с алиэзона L в соответствии с возрастанием числа атомов углерода, причем удерживаемый объем увеличивается на коэффициент 1,56 для каждой дополнительной метильной группы. Метильная группа в боковой цепи уменьшает взаимодействие между растворенным веществом и распределяющей жидкостью, и, следовательно, такое соединение элюируется быстрее соответствующей насыщенной кислоты с прямой цепью. Вве-

* Н. А. Иванов, В. Н. Пиялкин. Исследование состава оксикислот растворимых смол методом ГЖХ. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1970.

дение двойной связи в молекулу разделяемого компонента повышает его полярность и, вместе с тем, уменьшает его сродство к неполярной фазе, в результате чего ненасыщенное соединение элюируется раньше аналогичного насыщенного.

Добавление третьей изолированной двойной связи не приводит к дальнейшему изменению удерживаемого объема, и линолевая и линоленовая кислоты элюируются одним пиком. Сложные эфиры с длинной цепью, содержащие двойные связи в положении 9; 10, элюируются из колонки быстрее, чем соединения с двойной связью в другом месте молекулы. Точно так же цис-изомеры элюируются быстрее соответствующих транс-изомеров. Тетраены выходят раньше соответствующих насыщенных сложных эфиров с коэффициентом разделения 0,6, но не отделяются от пентаенов, а гексаены дают пик перед общим пиком пентаенов и тетраенов. Сопряжение двойных связей в полиеновых эфирах приводит к тому, что они элюируются быстрее соответствующих изомеров с несопряженными связями.

В случае использования неполярных неподвижных фаз при оптимальных условиях можно хорошо отделить метилстеарат от метилолеата и лишь частично разделить метилолеат и метиллинолеат; полностью разделить их на этих фазах практически невозможно. Для этой цели обычно используют полярные неподвижные фазы — полиэфиры многоатомных спиртов (этиленгликоль, ди- и триэтиленгликоль, 1,4-бутандиол и др.) и дикарбоновых кислот (адипиновая, себациновая, азелаиновая, янтарная и т. д.).

Данные, полученные на двух колонках, объединены для идентификации карбоновых кислот. Ниже приводятся результаты хроматографирования метиловых эфиров выделенных карбоновых кислот головной фракции на полярных и неполярных неподвижных фазах, а также свободных карбоновых кислот головной фракции и условия их разделения (рис. 1—4).

Количественный состав выделенных карбоновых кислот головной фракции рассчитывали методом внутренней нормализации по хроматограмме, полученной в изотермических условиях на полиэтиленгликоль-адипате.

При разделении головной фракции была получена группа фенолов, количественный анализ которых проводили также методом газожидкостной хроматографии (рис. 5) с применением внутреннего стандарта.

Нейтральные вещества I, выделенные в процессе разделения головной фракции, качественно не определяли. Для них были подобраны условия разделения на хроматографической колонке и найден количественный состав неидентифицированных компонентов (рис. 6).

Выводы

1. При определении состава выделенных кислот в виде их метиловых эфиров найдено: а) в случае разделения на полиэтиленгликоль-адипате при температуре колонки 185°C количество индивидуальных компонентов не менее 20; преобладающие из них (%): капроновая кислота 2,12; лауриновая 2,46; миристиновая 4,41; пальмитиновая 45,20; стеариновая 3,50; олеиновая 7,55; б) проверка полученных результатов с применением программирования температуры хроматографической колонки во время анализа на полярной (полиэтиленгликоль-адипат) и неполярной (апиезон L) фазах показала достоверность количественного и качественного состава кислот, определенного в изотермических условиях на полиэтиленгликоль-адипате.

2. При нахождении состава свободных кислот от C_2 до C_{22} в случае использования полиэтиленгликольсукцината для анализа жирных кислот головной фракции, кроме названных выше компонентов (пункт 1, а), было обнаружено незначительное количество пропионовой, *n*-масляной и изовалериановой кислот.

3. При определении фенолов головной фракции обнаружено не менее 16 индивидуальных компонентов, в основном, гомологов гваякола и диметилового эфира пирогаллола. Содержание преобладающих компонентов (%): фенола 1,17; гваякола 4,60; креозола 4,40; 2,6-диметоксифенола 8,05; 4-метил, 2,6-диметоксифенола 16,40; 4-этил, 2,6-диметоксифенола 40,00; 4-пропил, 2,6-диметоксифенола 10,50.

4. При нахождении состава нейтральных веществ методом ГЖХ подобраны оптимальные условия разделения; обнаружено не менее 42 индивидуальных компонентов без заметного преобладания какого-либо из них.

5. Ввиду значительного содержания жирных кислот в головной фракции и сильной насыщенности нейтральных соединений наиболее рационально использовать эту фракцию: для выделения пальмитиновой кислоты; применения в качестве кожного масла, эмульгаторов в асфальтовых эмульсиях, а также в качестве мягчителя в регенераторном производстве резины.

Поступила 19 октября 1970 г.

УДК 634.0.813:674.815-41

О ВЗАИМОСВЯЗИ ХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ СО СВОЙСТВАМИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Г. Ф. ПОТУТКИН, Г. Л. ДРАНИШНИКОВ

Архангельский лесотехнический институт

При изготовлении древесностружечных плит происходит частичная гидролитическая и термическая деструкция древесины, а также химическое взаимодействие некоторых компонентов древесины с карбамидным связующим [3]. Поэтому представляет интерес выяснить, связаны ли между собой химические изменения компонентов древесины и физико-механические свойства древесностружечных плит.

Плиты были изготовлены из сосновой стружки, полученной на станках ДС-2 и высушенной в барабанной сушилке. В качестве связующего использована смола М-60, имеющая коэффициент рефракции 1,447; сухой остаток 50%; вязкость по ВЗ-4 190 сек; содержание свободного формальдегида 1,36%; $pH = 7,0$; время отверждения с 1% хлористого аммония 89 сек; жизнеспособность с 1% хлористого аммония 6 час. Удельный вес смолы $1,25 \text{ г/см}^3$, содержание азота в смоле, отвержденной при 100°C , — 20,5% и содержание метилольных групп 20,0%. Расход связующего принят равным 5; 7,5 и 10%. Отвердителем служил 10%-ный водный раствор хлористого аммония в количестве 12% от веса смолы.

Смешивание стружки со связующим, формование стружечного ковра и прессование плит производили на промышленном отечественном оборудовании. Продолжительность времени прессования при температуре 160°C принята 11 мин. Удельное давление прессования 16 кг/см^2 . Объемный вес готовых плит $0,7 \text{ г/см}^3$.

Были проведены три серии опытов, по три запрессовки в каждой, всего запрессована 81 плита. Для исследования из первой запрессовки отбирали плиты с 5-го и 9-го этажей пресса (считая сверху), а из второй и третьей запрессовок — с 1-, 5- и 9-го этажей. Всего отобрано 24 плиты. Образцы для испытаний отбирали по ГОСТу 10633—63, а испытывали по ГОСТам 10634—63 и 10635—63.

Результаты физико-механических испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расход связующего, %	Водопоглощение, %	Предел прочности при статическом изгибе, кг/см ²	Предел прочности на разрыв, кг/см ²	Влажность, %	Разбухание по толщине, %
5,0	120,0	202,0	3,8	7,3	20,0
7,5	71,0	260,0	4,2	7,8	16,0
10,0	64,0	271,0	4,2	8,1	16,0

Из исходной древесины и из плит были получены опилки для химического анализа по методикам, принятым в химии древесины и использованным нами ранее при анализе плит [3].

Химический анализ исходной стружки дал следующие результаты (в процентах от веса абс. сухой исходной необессмоленной стружки): содержание водорастворимых 3,0%; эфирорастворимых 3,07%; целлюлозы 51,28%; холоцеллюлозы 71,6%; пентозанов 9,1%; лигнина 28,0%.

Результаты химического анализа опилок из плит приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расход связующего, %	Водорастворимые вещества, % от веса абс. сухой плиты	Вещества, определяемые как лигнин, % от веса абс. сухой плиты	Вещества, определяемые как целлюлоза, % от веса абс. сухой плиты	Пентозаны, % от веса абс. сухой плиты	-Содержание азота в лигнине, % от веса лигнина
5,0	4,2	30,4	46,3	8,1	3,4
7,5	4,3	30,9	43,0	8,0	3,4
10,0	4,3	31,3	42,8	7,9	4,4

Полученные экспериментальные данные позволяют отметить некоторую связь между химическими изменениями отдельных компонентов древесины и физико-механическими свойствами плит. Наиболее определенная зависимость наблюдается между содержанием лигнина в плитах, количеством азота в лигнинах и физико-механическими свойствами плит.

Содержание веществ, определяемых как лигнин, несколько увеличивается с повышением количества вводимого в плиту связующего. Ранее [1] было показано, что отвержденная карбамидная смола М-60 не определяется как лигнин древесины и увеличение содержания лигнина свидетельствует о частичном химическом взаимодействии лигнина с карбамидной смолой и образовании соединений, определяемых как лигнин.

Содержание азота в лигнине, выделенном из плит, возрастает с увеличением количества вводимого связующего. Расчеты показывают, что от 73 до 100% азота от того количества, которое содержится в смоле, отвержденной при 100°C, связывается с лигнином древесины. Физико-механические показатели плит улучшаются с повышением содержания веществ, определяемых как лигнин, и азота, связанного с лигнином.

Можно полагать, что при прессовании плит наблюдается частичный гидролиз части целлюлозы и пентозанов, о чем свидетельствует уменьшение количества веществ, определяемых как целлюлоза и пентозаны древесины. При этом образующиеся продукты гидролиза конденсируются между собой и с лигнином древесины с образованием вяжущих

веществ [2], [4]. По этой же причине только незначительно увеличивается количество водорастворимых веществ.

Н. Я. Солечник [5] показал, что при прессовании древесных пластинок при 150°C без связующих за счет гидролиза легкогидролизуемых компонентов древесины можно получать образцы более высокой прочности на изгиб. В наших опытах также наблюдается некоторое увеличение количества водорастворимых веществ и одновременное повышение физико-механических показателей плит при статическом изгибе и на разрыв.

Показано также [6], что низкомолекулярные продукты гидролиза целлюлозы не только пластифицируют высокомолекулярные компоненты древесины, но и являются исходными веществами для образования гидрофобных соединений. Поэтому наблюдавшееся в наших опытах уменьшение содержания целлюлозы и пентозанов снижает также водопоглощение и разбухание плит по толщине.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. М. Крюкова, Г. Ф. Кочешова, З. А. Низовцева. Сборник студенческих научно-исследовательских работ. Вып. 4, Архангельск, 1969. [2]. Г. Ф. Потуткин, Л. В. Ширяева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1966, 119—121. [3]. Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1965, 119—124; № 6, 1965, 140—144; № 5, 1968, 125—128. [4]. Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников. Изменения древесины при температуре 180°C в условиях прессования древесностружечных плит. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [5]. Н. Я. Солечник и др. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964, 118—124. [6]. Н. Я. Солечник и др. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1964, 145—148.

Поступила 24 июня 1970 г.

УДК 547.458.81

КИНЕТИКА НЕКОТОРЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

В. В. ЛУДАНОВ, И. В. ШИШКИНА

Сибирский технологический институт

Некоторые представления о механизме окислительной деструкции целлюлозы в щелочной среде можно получить из ряда работ [3], [4]. В данной статье приведены результаты изучения кинетики деполимеризации целлюлозы в щелочной среде.

Объектом исследования служила вискозная облагороженная сульфатная древесная целлюлоза. Порядок проведения эксперимента следующий. Измельченную целлюлозу подвергали мерсеризации в течение одного часа 18%-ным раствором едкого натра при модуле ванны 1:20 и соответствующей температуре (табл. 1). Затем целлюлозу отжимали на прессе до трехкратного веса и подвергали окислению кислородом воздуха в течение 4—5 час с отбором проб через каждый час. В пробах определяли значение степени полимеризации по удельной вязкости разбавленных медно-аммиачных растворов целлюлозы, исходя из формулы Штаудингера [1].

Результаты приведены в табл. 1 и на рис. 1. При обработке экспериментальных данных исходим из следующих соображений: 1) связи между звеньями макромолекул равноценны; 2) продолжительность существования связи подчиняется закону распределения вида $1 - e^{-kt}$, где e — основание натуральных логарифмов; k — константа скорости процесса деструкции; t — время; 3) расчеты приведены для m элементарных звеньев макромолекул.

Таблица 1
Зависимость изменения степени полимеризации от температуры T и времени деструкции τ

T°	303	313	323	333
τ , час				
0	745	750	700	660
1	706	671	589	510
2	680	603	496	361
3	632	522	422	294
4	606	482	355	235

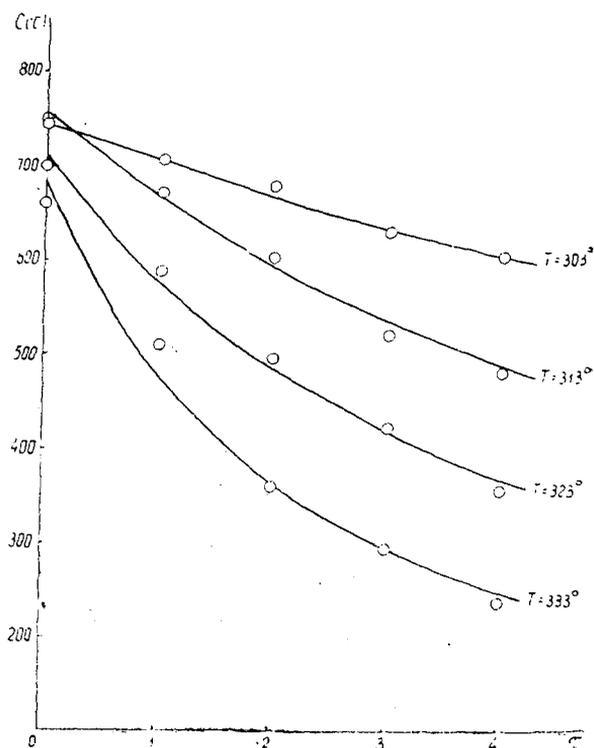


Рис. 1.

Составим матрицу изменения степеней полимеризации макромолекул за время $\Delta\tau$ и выведем систему дифференциальных уравнений относительно $x_n(\tau)$, где $x_n(\tau)$ — среднее число макромолекул со степенью полимеризации n в момент времени τ (табл. 2)*.

$$x_n(\tau + \Delta\tau) = \sum_{i > n} x_i(\tau) \cdot 2k\Delta\tau + x_n(\tau) \cdot [1 - (n-1)k\Delta\tau];$$

* Подробности, касающиеся метода составления матрицы и проведения последующих выкладок, приведены в работе А. Кофмана и Р. Крюона [2].

Таблица 2

Показатели	$x_1(\tau + \Delta\tau)$	$x_2(\tau + \Delta\tau)$	$x_3(\tau + \Delta\tau)$...	$x_N(\tau + \Delta\tau)$
$x_1(\tau)$	1	0	0	...	0
$x_2(\tau)$	$2k\Delta\tau$	$1 - k\Delta\tau$
$x_3(\tau)$	$2 \cdot k\Delta\tau$	$2k\Delta\tau$	$1 - 2k\Delta\tau$
$x_N(\tau)$	$2k\Delta\tau$	$2k\Delta\tau$	$2k\Delta\tau$...	$1 - (N-1) \cdot k\Delta\tau$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_n(\tau)}{d\tau} = 2k \sum_{j>n} x_j(\tau) - (n-1)kx_n(\tau) \\ n = 1, 2, 3, \dots, N. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Введем следующие обозначения:

$$M(\tau) = \sum_{n=1}^N x_n(\tau) \text{ — среднее число макромолекул;}$$

$$m = \sum_{n=1}^N nx_n(\tau) \text{ — число звеньев.}$$

Сложив уравнения системы (1), получим

$$\frac{dM(\tau)}{d\tau} + kM(\tau) = km;$$

$$M(\tau) = m + (M_0 - m)e^{-k\tau},$$

где $M_0 = \sum_{n=1}^N x_n(0)$.

Отсюда выражение для средней степени полимеризации

$$C(\tau) = \frac{m}{m + (M_0 - m)e^{-k\tau}} = \frac{C_0}{C_0 + (1 - C_0)e^{-k\tau}}, \quad (2)$$

поскольку $C(\tau) = \frac{m}{M(\tau)}$; $C_0 = C(0)$.

На основании формулы (2) и данных табл. 1 были оценены константы скорости деструкции целлюлозы

T°	303	313	323	333
$k \cdot 10^6$	77	180	330	640

Для этих значений на рис. 1 построены графики зависимости средней степени полимеризации от времени предсозревания при различных температурах. (Кривые построены по формуле (2), точки взяты из табл. 1.) Как видно из рис. 1, экспериментальные данные и полученные по формуле (2) находятся в соответствии. Это в какой-то мере подтверждает справедливость выражения (2) и сделанных ранее предположений, тем более, что эту формулу можно также получить на основании закона действия масс

$$\frac{dL}{d\tau} = -kL,$$

где L — число связей между элементарными звеньями.

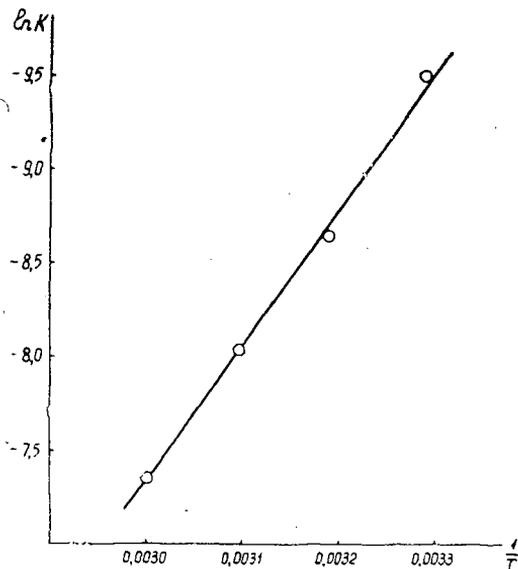


Рис. 2.

С целью определения энергии активации строим зависимость логарифма константы скорости деструкции от температуры (рис. 2), откуда видно, что между $\ln k$ и $\frac{1}{T}$ наблюдается явно выраженная линейная зависимость. Это позволяет рассчитать по уравнению Аррениуса энергию активации $E = 14\,000$ кал/моль.

Выводы

1. Изучена кинетика деполимеризации целлюлозы в щелочной среде.
2. Выведена формула для определения средней степени полимеризации, дающая удовлетворительное совпадение с экспериментом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Контроль производства химических волокон. Под ред. А. Б. Пакишера, А. А. Конкина. Изд. «Химия», 1967, стр. 43. [2]. А. Кофман, Р. Крюон. Мас-совое обслуживание. Теория и приложения. Изд-во «Мир», М., 1965. [3]. «Химия и технология полимеров» № 6, 1964, стр. 59. [4]. Н. Sobue, Т. Kosuzawa. Journ. Text. a Cell. Ind. Jap. 12, 872, 1956.

Поступила 22 июня 1970 г.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 674.093.26.03 : 674.02

ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ФАНЕРНОГО СЫРЬЯ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА ЛУЩЕНИЯ

А. Ф. НИКОЛАЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

На устойчивость процесса лущения оказывают влияние физико-механические свойства обрабатываемого сырья. Наиболее важная характеристика — жесткость на изгиб, зависящая от действующего значения модуля упругости I рода.

Для удобства рассмотрения введем относительную жесткость на изгиб

$$\varepsilon(\rho) = \frac{EI}{(EI)}, \quad (1)$$

где EI — действующее значение жесткости на изгиб;
 (EI) — расчетное значение жесткости на изгиб (определяется на основе справочных данных о модуле упругости).

В дальнейшем эту характеристику будем полагать статистической величиной с заданным законом распределения.

В соответствии с результатами работ [1], [2] условие устойчивого лущения для детерминированного процесса имеет вид

$$p + \left[\omega + \frac{\bar{m}}{\varphi} \right]^2 \leq 1. \quad (2)$$

В формулу (2) введены следующие безразмерные параметры, характеризующие процесс:

$p = \frac{P}{P_3}$ — относительная осевая сила;
 P — осевая сжимающая сила;
 P_3 — эйлеровская критическая сила,

$$P_3 = \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 EI;$$

l — длина чурака;

$\bar{m} = \frac{M}{P_3 \frac{2}{\pi} l}$ — относительный скручивающий момент;

M — момент, расходуемый на вращение чурака при лущении,

$$M = \frac{1}{2} q_{уд} l d;$$

$q_{уд}$ — удельная касательная составляющая силы резания;

d — текущее значение диаметра чурака;

$\omega = \frac{\omega_B}{\omega_0}$ — относительная скорость вращения чурака;

ω_n — скорость вращения чурака;
 ω_0 — собственная частота колебаний чурака,

$$\omega_0 = \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{m}};$$

m — масса чурака, приходящаяся на единицу его длины;

$\lambda = \frac{\chi \omega_0^2}{2}$ — коэффициент относительного затухания колебаний;

$\chi = \frac{2k_0}{\Omega^2}$ — коэффициент, учитывающий влияние внутреннего трения и частоту колебаний в процессе лущения;

k — коэффициент внутреннего трения;

$\Omega_{\text{ч}}$ — частота, с которой совершаются колебания чурака или происходит циклическое нагружение волокон чурака.

Уравнение (2) получено на основе анализа «собственных частот» колебаний чурака в процессе лущения. Тогда для случайной функции собственной частоты получим [1]

$$\Omega(\rho, t) = \sqrt{\varepsilon(\rho)} \cdot \omega(t), \quad (3)$$

здесь $\Omega(\rho, t)$ — случайная функция собственной частоты;
 $\omega(t)$ — вполне детерминированная функция частоты.

Центрируя этот процесс (относительно математического ожидания), получим

$$\Omega(\rho, t) = \Omega_0(\rho, t) + m_{\Omega}, \quad (4)$$

где $\Omega_0(\rho, t)$ — центрированный процесс;
 m_{Ω} — математическое ожидание процесса.

Из уравнения (3) следует, что

$$m_{\Omega} = M[\Omega(\rho, t)] = M[I(\rho) \omega(t)] = \omega(t) m_I, \quad (5)$$

здесь m_I — математическое ожидание случайной величины

$$I(\rho) = \sqrt{\varepsilon(\rho)}.$$

В этом случае из уравнения (4) с учетом выражений (3) и (5) получим

$$\Omega_0(\rho, t) = \Omega(\rho, t) - m_{\Omega} = \omega(t) [I(\rho) - m_I]. \quad (6)$$

На основе равенства (6) дисперсию как центрированный момент второго порядка можно записать в форме

$$d_{\Omega}(t) = D[\Omega_0(\rho, t)] = M\{\omega(t) [I(\rho) - m_I]^2\} = \omega^2(t) d_I, \quad (7)$$

где $d_I = D[I(\rho) - m_I]$ — дисперсия случайной величины $I(\rho)$.

Введем понятие вариации процесса (по аналогии со случайными величинами) в соответствии с определением

$$V_{\Omega}(\rho, t) = \frac{\sqrt{D[\Omega(\rho, t)]}}{M[\Omega(\rho, t)]}. \quad (8)$$

Используя выражения для дисперсии (7) и математического ожидания (5), из уравнения (8) получим

$$V_{\Omega}(\rho, t) = \frac{\sqrt{d_I \omega^2(t)}}{m_I \omega(t)} = \frac{\sqrt{d_I}}{m_I} = V_I. \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что вариация случайного процесса равна вариации случайной величины $I(\rho)$. Этот вывод очень важен, так как дает возможность сразу оценить вариацию собственной частоты.

Воспользуемся полученным нами выводом о постоянстве вариации процесса для определения границ устойчивости лущения на плоскости параметров p и m . Для этого введем обозначения, позволяющие перейти в формуле (2) от действующего значения параметров к расчетным через случайную величину

$$p = p' \varepsilon(\rho); \quad \bar{m} = \bar{m}' \varepsilon(\rho);$$

$$\omega = \omega' \sqrt{\varepsilon(\rho)} = \omega' I(\rho); \quad \varphi = \frac{\varphi'}{\sqrt{\varepsilon(\rho)}} = \frac{\varphi'}{I(\rho)}. \quad (10)$$

В этих выражениях параметры со штрихом расчетные. Подставив соотношения (10) в уравнение (2), получим

$$p' + \left[\omega' + \frac{1}{\varepsilon(\rho)} \cdot \frac{\bar{m}'}{\varphi'} \right]^2 \leq \varepsilon(\rho). \quad (11)$$

В дальнейшем это выражение будем записывать без штрихов, но параметры p , ω , \bar{m} и φ будем считать расчетными.

Анализ формулы (11) показывает, что если перейти от безразмерных величин p , ω , \bar{m} , φ и $\varepsilon(\rho)$ к размерным, то условие устойчивости не зависит от выбранного базового значения E , а целиком определяется осевой силой P , моментом M , угловой скоростью n_m и коэффициентом внутреннего трения k_0 . Поэтому мы имеем право базовое значение E выбрать таким, чтобы соблюдалось равенство

$$M[\varepsilon(\rho)] = 1; \quad (12)$$

это значит, что в качестве E принимается математическое ожидание случайной величины — модуля упругости

$$E = M[E]. \quad (13)$$

В этих условиях все математические расчеты значительно упрощаются.

С целью получения исходных данных о действующем значении модуля упругости проводили эксперименты по определению относительной жесткости на изгиб на специально сконструированной и изготовленной установке. Опыты были поставлены в производственных условиях (для обеспечения рандомизации) на фанерном заводе; испытывали карандаши диаметром 70—92 мм, отбираемые непосредственно от лущильных станков. В соответствии с ГОСТом 11499—65 образцы подвергали шестикратному нагружению. В результате обработки экспериментальных данных были получены характеристики, помещенные в табл. 1.

Таблица 1

Количество замеров n	Для размерных величин					Для относительных величин при $M[\varepsilon(\rho)] = 1$	
	среднее значение $E = M[E]$	квадратичное отклонение $\sigma_E = \sqrt{D[E]}$	коэффициент вариации V_E	асимметрия A_E	эксцесс ε_E	σ_ε	V_ε
255	$0,800 \cdot 10^5$ кгс/см ²	$0,158 \cdot 10^5$ кгс/см ²	0,20	0,051	-0,078	0,20	0,20

Предположение о нормальности распределения плотности вероятности проверяли по дисперсиям выборочных асимметрии и эксцесса, по критерию Колмогорова и критерию Пирсона. При уровне значимо-

сти 0,3 критерий Колмогорова с вероятностью 0,99 не отвергает гипотезу нормальности. Для сгруппированных данных при числе степеней свободы 10 и при 5%-ном уровне значимости с вероятностью 0,84 критерий Пирсона не отвергает эту гипотезу. Поэтому будем полагать, что распределение подчинено нормальному закону.

Практически можно полагать, что плотность вероятности относительной жесткости на изгиб подчинена нормальному закону, усеченному на положительной полуоси

$$\varphi(\varepsilon) = \frac{C}{\sigma_\varepsilon \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{m_\varepsilon - \varepsilon}{\sigma_\varepsilon} \right]^2 \right\}, \quad (14)$$

где C — константа усечения, определяемая интегрированием

$$C^{-1} = \int_0^{+\infty} \frac{\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{m_\varepsilon - \varepsilon}{\sigma_\varepsilon} \right]^2 \right\}}{\sigma_\varepsilon \sqrt{2\pi}} d\varepsilon = 1,00003,$$

здесь m_ε — математическое ожидание случайной величины $\varepsilon(\rho)$;

σ_ε — квадратическое отклонение " " " $\varepsilon(\rho)$.

В уравнение устойчивости (11) входит случайная величина $\varepsilon(\rho)$, поэтому возможность устойчивого лущения определяется только с некоторой вероятностью. Имея плотность вероятности относительной жесткости на изгиб $\varphi(\varepsilon)$ и условие устойчивости, нетрудно найти плотность вероятности относительной осевой силы по формуле [3]

$$\varphi(p) = f[\varepsilon(p)] \cdot \left| \frac{d\varepsilon(p)}{dp} \right|, \quad (15)$$

где $\varepsilon(p)$ — функция, обратная величине p (ε) (из (11) уравнения) и позволяющая на границе устойчивости найти значение, соответствующее заданной величине p .

В уравнении (11) вторым слагаемым квадратной скобки можно пренебречь с достаточной степенью точности (оно составляет не более 5% от величины w). Тогда из уравнений (5) и (11) получим

$$\varphi(p) = f[\varepsilon(p)] \quad (16)$$

или

$$\varphi(p) = \frac{\exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{m_p - p}{\sigma_p} \right]^2 \right\}}{\sigma_p \sqrt{2\pi}}, \quad (17)$$

где

$$m_p = m_\varepsilon - w^2; \quad \sigma_p = \sigma_\varepsilon. \quad (18)$$

Для реальных условий лущения на станках современной конструкции справедливо неравенство

$$w^2 \ll p. \quad (19)$$

В этом случае, коэффициент вариации относительной осевой силы

$$V_p = \frac{\sigma_p}{m_p} = \frac{\sigma_\varepsilon}{m_\varepsilon - w^2} \approx \frac{\sigma_\varepsilon}{m_\varepsilon} = V_\varepsilon. \quad (20)$$

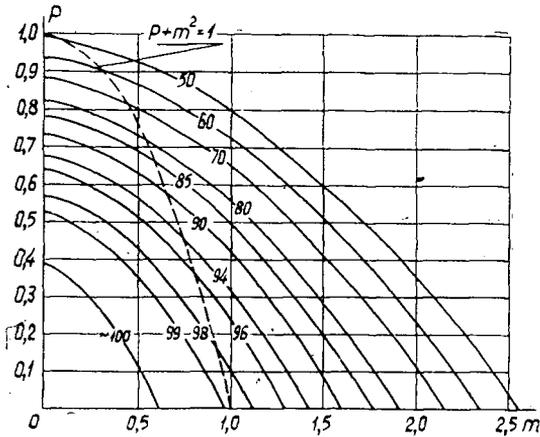


Рис. 1. Вероятностные зоны устойчивости.

Для нормального закона плотности вероятности относительной жесткости на изгиб с $V_e = 0,2$ на основе уравнения (11) с учетом равенства (20) построены параболы устойчивости в плоскости параметров p и m (рис. 1). Отметки на кривых соответствуют вероятностям, с которыми возможно доведение лущения до расчетного диаметра.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ф. Николаев. О стохастическом характере процесса лущения. Материалы к научно-технической конференции (факультет МТД). Издание ЛТА, Л., 1969. [2]. А. Ф. Николаев. Влияние момента нагрузки и внутреннего трения на устойчивость чурака при лущении. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970. [3]. В. С. Пугачев. Теория случайных функций. Физматгиз. М., 1962.

Поступила 28 апреля 1970 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 674.04

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ КОНВЕКТИВНО-ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Н. П. ГЛУХАНОВ, А. Г. ОПАРИН

Ленинградская лесотехническая академия

Проблема увеличения объема камерной сушки пиломатериалов достаточно трудна и, на наш взгляд, наиболее перспективный путь ее решения — применение комбинированной конвективно-высокочастотной сушки, то есть использование диэлектрического нагрева древесины токами высокой частоты, наряду с горячим воздухом, перегретым паром и топливными газами.

В нашей стране комбинированный метод сушки был предложен и начал внедряться в промышленность в конце 40-х годов. В настоящее время установлено, что комбинированная сушка позволяет в пять и более раз уменьшить расход электроэнергии по сравнению с чисто высокочастотной сушкой при высоком качестве сушки даже крупно-размерных хвойных и трудносохнущих лиственных пиломатериалов. Этот метод исключает существенный недостаток конвективной сушки — отрицательный температурный перепад между центром и поверхностью высушиваемого материала. Изменяя удельный расход высокочастотной электроэнергии от 0,2 до 0,5 *квтч* на 1 *кг* испаряемой влаги, удается получить положительный температурный перепад по сечению древесины. При этом величина перепада влагосодержания минимальна, благодаря чему сводятся к минимуму и внутренние напряжения в древесине. Положительный температурный перепад и уменьшение градиента влажности по сечению высушиваемого материала — существенные достоинства комбинированной сушки, в два и более раза сокращающие ее продолжительность по сравнению с конвективной сушкой, повышающие качество высушиваемой древесины.

Сокращение продолжительности сушки обеспечивает экономию пара и снижение цеховых расходов (дежурство, накладные расходы и амортизация) в размере 25—50% от общей стоимости конвективной сушки, что для сосновых пиломатериалов толщиной 55—145 *мм* составляет 1,3—2,6 *руб.*

При начальной влажности 80% и конечной 10% из 1 *м³* испаряется 300 *кг* влаги, расход электроэнергии составляет 75—150 *квтч* на 1 *м³* высушиваемой древесины. При тарифе на электроэнергию 1,5 *коп./квтч* и к.п.д. высокочастотного генератора 0,7 стоимость электроэнергии 1,5—3 *руб./м³*. Отсюда следует, что если стоимость электроэнергии не выше 1,0 *коп./квтч*, то экономически выгодно применять комбинированную сушку пиломатериалов древесины всех пород сечением более 55 *мм.*

С учетом всех указанных выше обстоятельств наиболее ценную древесину твердых лиственных пород экономически выгодно сушить комбинированным методом при максимальной стоимости электроэнергии 2 *коп./квтч.*

Для того чтобы увеличить объем камерной сушки до 100 млн. м³ в год при частичной реконструкции существующих сушильных установок, потребуется строительство большого числа новых установок. Если ориентироваться на конвективную сушку, то капитальные затраты составят 400—500 млн. руб. Внедрение комбинированной сушки позволяет увеличить производительность существующих установок с 25 до 50 млн. м³ и благодаря этому более чем вдвое уменьшить объем капитального строительства.

Для оснащения сушильных установок с общей годовой производительностью 100 млн. м³ древесины потребуется около 4 тыс. высокочастотных генераторов. Оптимальная мощность одного генератора 200—250 квт (колебательная), частота 300—600 кггц. Такой генератор сможет обеспечить блок сушильных камер с объемом одновременно загружаемой древесины 200—250 м³.

Таким образом, использование комбинированной сушки позволит уменьшить капитальные и эксплуатационные расходы. В районах, где стоимость электроэнергии составляет не более 1 коп./квтч, комбинированная сушка, безусловно, выгодна. При более высокой стоимости электроэнергии этот вид сушки экономически выгодно применять для крупногабаритных пиломатериалов и древесины твердых лиственных пород.

Учитывая экономическую целесообразность внедрения комбинированного метода для массовой сушки пиломатериалов, следует разработать технологические режимы применительно к сушке определенных видов древесины, организовать выпуск электрогенераторов с параметрами, удовлетворяющими требованиям комбинированной сушки.

Поступила 30 июня 1969 г.

УДК 634.0.79

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ГОРНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ)

А. Ф. ГАВРИЛОВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Проблема основных фондов лесозаготовительных предприятий, работающих в горных условиях, экономически исследована слабо. Экономическое значение рационального использования основных производственных фондов в горных условиях выражается, главным образом, в повышении объема производства, снижении себестоимости продукции и увеличении на этой основе накоплений.

За период 1965—1969 гг. прирост основных производственных фондов по горным лесозаготовительным предприятиям составил 12,4%, то есть опередил прирост основных фондов по Минлесдревпрому СССР, составлявший 4,2%. Выпуск товарной продукции на 1% прироста основных производственных фондов на исследованных предприятиях снижался. Если в 1968 г. он составлял 11,6%, то в 1969 г. только 3,6%. Это произошло в результате снижения коэффициента технической готовности и коэффициента использования исправных машин и механизмов на основных лесозаготовительных работах, уменьшения выработ-

ки, вызванного переходом на работу на склонах гор крутизной свыше 22°, увеличения удельного веса постепенных и выборочных рубок и удельного веса лесотранспортных работ, выполненных канатными установками.

Особенности техники, технологии и организации производства горных леспромхозов оказывают влияние на структуру основных производственных фондов и прежде всего на активную часть. Удельный вес машин и оборудования в лесозаготовительных предприятиях Краснодарского края составляет 17,8%, транспортных средств — 16,4% против 24 и 21% в лесозаготовительной отрасли СССР. На сооружения приходится 43,3% стоимости промышленно-производственных основных фондов.

Экономические процессы всегда представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных факторов. При статистической группировке данных практически невозможно выявить степень влияния каждого фактора на формирование изучаемых показателей. Этот метод анализа позволяет охарактеризовать лишь самые общие черты связи, ее тенденцию. Расчетный метод, применяющийся на практике, не учитывает всей сложности взаимодействия факторов, имеющих место в действительности.

Один из возможных путей устранения указанных недостатков — использование метода многофакторного корреляционного анализа и построение экономико-статистических моделей. Этот метод для целей определения эффективности производственных фондов машиностроительных заводов применялся в трудах Е. Г. Либермана и С. Г. Галузы*.

Исследования, проведенные на примере леспромхозов и лесокомбинатов Краснодарского края, которые по природным и экономическим условиям сходны с предприятиями других горных районов СССР, показали, что рост машиновооруженности опережает рост производительности труда, что, в свою очередь, приводит к повышению фондоотдачи. Улучшение состава основных фондов горных лесозаготовительных предприятий отражает более высокий технический уровень леспромхозов, способствует ускорению кругооборота стоимости производственных фондов и повышению фондоотдачи. Влияние изменения удельного веса активной части** основных фондов на экономические показатели лесозаготовительных предприятий края приведено в табл. 1. Из таблицы видим, что увеличение доли активных элементов на предприятиях привело к росту выпуска товарной продукции и фондоотдачи.

По отчетным данным 29 горных лесозаготовительных предприятий за 1961—1968 гг. (всего 232 предприятия-года) в результате экономического анализа отобраны факторы, оказывающие влияние на величину фондоотдачи, и на их основе получена линейная модель фондоотдачи

$$F_o = 0,01309 + 0,02077O.n + 0,02659П.т + 0,43699В.х + 0,00732А.э + 0,00953Д.д - 0,00046К.у + 0,01452П.д, \quad (1)$$

где F_o — фондоотдача, руб.;

$O.n$ — объем производства продукции, млн. руб.;

$П.т$ — выработка продукции на одного работающего, тыс. руб.;

$В.х$ — удельный вес хлыстовой вывозки в общем объеме, %;

* В. К. Сытнин и др. Организация и методы экономического анализа предприятий. Госфиниздат, М., 1963.

** К активным элементам отнесены все основные фонды, кроме зданий и сооружений.

Таблица 1

Показатели	Величина показателей по годам		
	1961 г.	1968 г.	
		абс.	% к 1961 г.
Стоимость активных элементов в общей стоимости основных производственных фондов, %	33,9	31,8	93,8
	34,2	37,7	110,2
Стоимость всех основных производственных фондов, млн. руб.	16,0	22,0	137,5
	27,0	34,0	126,0
Выпуск товарной продукции, млн. руб.	3,9	26,2	138,7
	33,6	47,8	142,3
Выпуск товарной продукции на 1 руб. основных производственных фондов, руб.	1,18	1,19	100,4
	1,24	1,41	113,0
Выработка на одного рабочего, занятого на лесозаготовках, руб.	2148	2841	132,0
	2234	2980	133,6

Примечание. В числителе данные для леспромхозов, у которых удельный вес активных элементов в общей стоимости фондов не повышался; в знаменателе — повысился.

А.э — доля активной части основных фондов, %;

Д.д — удельный вес деловой древесины в объеме вывозки леса, %;

К.у — удельный вес объема транспортировки леса канатными установками, %;

П.д — удельный вес переработки древесины, %.

Зависимость фондоотдачи от изменения отдельных факторов показана на рис. 1 и 2.

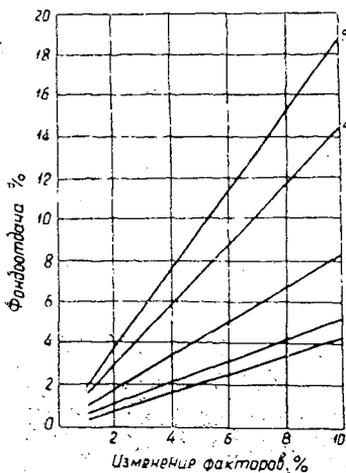


Рис. 1. Зависимость фондоотдачи от исследованных факторов.

1 — от изменения доли активных элементов основных фондов; 2 — от увеличения объема транспортировки леса канатными установками; 3 — от изменения производительности труда; 4 — от изменения удельного веса переработки древесины; 5 — от изменения удельного веса деловой древесины.

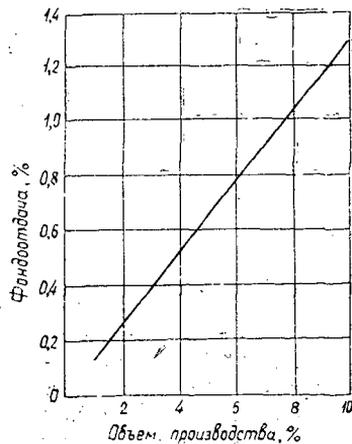


Рис. 2. Зависимость фондоотдачи от изменения объема производства.

В условиях леспромхозов края увеличение фондоотдачи на 10 коп. с 1 руб. основных производственных фондов определяет эффективность производства в сумме 673,4 тыс. руб.

Многофакторная экономико-статистическая модель фондоотдачи применима для леспромхозов Краснодарского края со следующими пределами значений показателей (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Пределы применения уравнения фондоотдачи
Объем продукции, млн. руб.	1,2—15,8
Выработка по товарной продукции на одного работающего из промышленно-производственного персонала, руб.	2100—7060
Удельный вес хлыстовой вывозки в общем объеме, %	61,0—90,0
Доля активной части основных фондов, %	21,6—60,4
Удельный вес деловой древесины в общем объеме производства продукции, %	55,6—78,6
Объем работ по первичному транспорту леса канатными установками, %	10,0—29,0
Удельный вес переработанной древесины, %	33,1—86,1

По предлагаемой формуле можно определить уровень фондоотдачи и размеры, до которых следует увеличивать тот или другой фактор-аргумент, чтобы обеспечивать нормальную хозяйственную деятельность леспромхоза в условиях экономической реформы.

Поступила 5 октября 1970 г.

УДК 634.0.6:674.8

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЩЕПУ

Л. Е. ЧИВИКСИН

Архангельский лесотехнический институт

Низкокачественная древесина, предназначенная для переработки на технологическую щепу, должна быть очищена от гнили. Ранее мы изучали процесс удаления гнили из поленьев продольным фрезерованием [2] и очистки щепы от гнили последовательным выдерживанием исходной смеси в горячей и холодной воде [3]. В настоящей статье изложены результаты определения экономической эффективности выработки щепы в зависимости от пункта переработки и объемов производства. В качестве критерия экономической эффективности принято следующее условие [1]: эксплуатационные затраты C_n по переработке фаутной древесины не должны превышать стоимости получения аналогичной продукции из деловой древесины C_0

$$C_n \leq C_0. \quad (1)$$

Практически C_0 представляет собой отпускную цену балансовых или технологической щепы.

Переработка фаутной древесины на щепу может быть организована на нижних складах леспромхозов и на лесных складах пред-

приятый-потребителей щепы. Возможно также облагораживание древесины на нижних складах леспромхозов с последующим измельчением ее в местах потребления щепы.

Эффективность облагораживания низкокачественной древесины определена для прирельсовых леспромхозов Северо-Запада по двум вариантам. Первый вариант предусматривает производство облагороженных (колотых) балансов. Технологический процесс включает разделку низкокачественной древесины на полуавтоматической пиле АЦ-2М, расколку на механическом колуне, удаление гнили и окорку поленьев, годных на балансы, на фрезерных станках или на агрегатных типа АБС-2. Второй вариант заключается в производстве щепы из древесины, предварительно облагороженной в соответствии с вариантом 1. По этому варианту в технологический процесс дополнительно входят рубка предварительно облагороженной древесины в щепу на рубильной машине АЗ-11 и сортировка щепы на плоской сортировочной машине СЩ-1.

Затраты рассчитаны по укрупненным показателям на 1 м³ готовой продукции. Выход балансов из технологических дров принят 55—60%, из топливных — 30%, стоимость исходного сырья — 7,40 руб./м³. Расходы по остальным статьям определены по типовым калькуляциям Гипролестранса.

Полученная зависимость фабрично-заводской себестоимости балансов от объема их выработки показана на рис. 1. Пунктирными горизонтальными линиями указаны цены разделанных и окоренных балансов IV сорта для выработки сульфатной целлюлозы; для хвойных пород $C_x = 14,90$ руб./м³, для лиственных $C_l = 11,20$ руб./м³ (цены I пояса назначения преysкуранта 07—03).

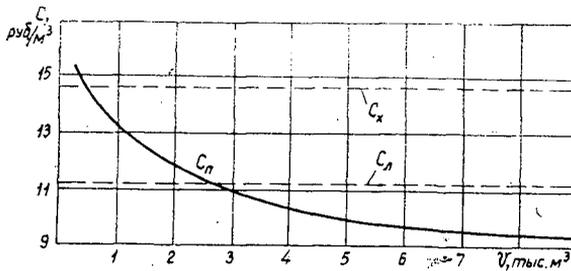


Рис. 1.

Данные рисунка показывают, что переработка фаутной древесины хвойных пород на балансы экономически эффективна при любых объемах выработки балансов. Переработка же лиственной древесины на балансы IV сорта при существующих отпускных ценах эффективна лишь при объемах производства не менее 2,5 тыс. м³. Однако правильная организация работ позволяет получать балансы в основном II и III сортов, отпускные цены которых равны соответственно 15,10 и 14,70 руб./м³. Поэтому практически переработка фаутной древесины лиственных пород на балансы в большинстве случаев также вполне оправдана.

На рис. 2 показана зависимость себестоимости технологической щепы из облагороженных балансов от объемов производства. Средняя отпускная цена технологической щепы из хвойных пород равна $C_x = 14,90$ руб./м³, из лиственных $C_l = 9,80$ руб./м³. Следовательно, переработка низкокачественной древесины хвойных пород на технологическую щепу в леспромхозах экономически целесообразна в объемах не менее 5 тыс. м³, а лиственных — 23—25 тыс. м³ и более.

Для случая переработки низкокачественной древесины на предприятия-потребители щепы технологический процесс включает разделку долготы на коротыя, окорку чураков, измельчение древесины (без предварительного вырезания гнили), сортировку щепы, отделку

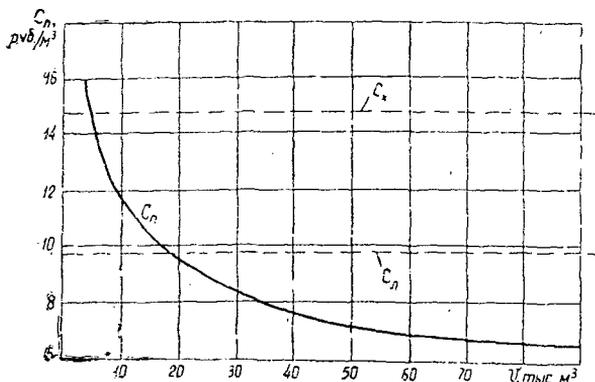


Рис. 2.

ние гнилой щепы от здоровой путем последовательного выдерживания исходной смеси в горячей и холодной воде, подачу щепы в цех потребления, удаление гнили как отходов производства. При этом стоимость технологической щепы складывается из стоимости сырья (низкокачественной древесины) и эксплуатационных затрат на измельчение и облагораживание.

При коэффициенте выхода щепы 0,60 стоимость низкокачественной древесины франко-пункт, назначения составляет 12,20 руб. на 1 м³. Эксплуатационные затраты по разделке, окорке, измельчению древесины и сортировке щепы, по данным целлюлозно-бумажных предприятий составляют 2,40 ÷ 3,50 руб./м³ в зависимости от объемов производства.

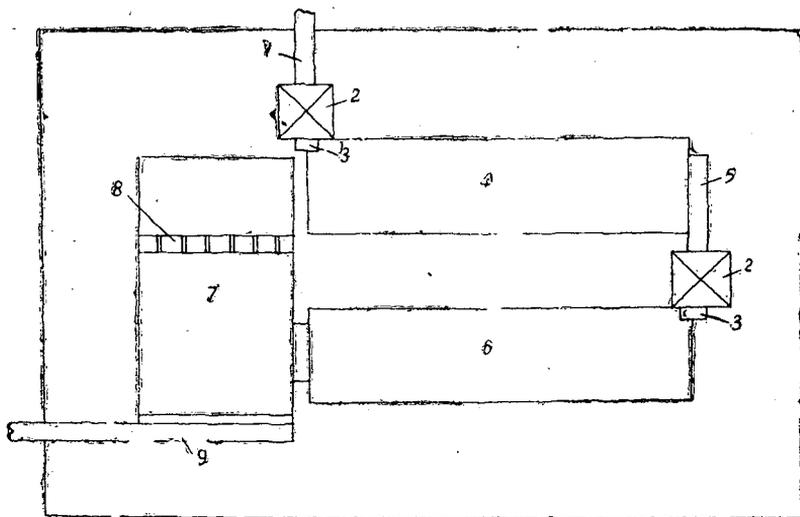


Рис. 3.

Стоимость облагораживания щепы определена расчетом применительно к технологическому процессу, схема которого приведена на рис. 3. Щепа после сортировки поступает в цех облагоражива-

ния по ленточному транспортеру 1 в бункер 2 и далее через дозатор 3 в пропарочную камеру 4, заполненную горячей водой, и там прогревается. От впускного отверстия пропарочной камеры щепка перемещается шнеком к выпускному отверстию, где выбрасывается на промежуточный ленточный транспортер 5. С транспортера 5 через бункер и дозатор щепка поступает в камеру 6 с холодной водой, где охлаждается и затем выбрасывается в бассейн 7, в котором происходит разделение исходной смеси: гниль тонет, а здоровая щепка всплывает на поверхность. В бассейне плавающая здоровая щепка собирается выгребным механизмом 8 и подается на выносной ленточный транспортер 9 для подачи в цех потребления. Утонувшая гнилая щепка выносятся по гидротрубопроводу в пункты утилизации.

Затраты на облагораживание (табл. 1) рассчитаны по укрупненным показателям типовых проектов, разработанных институтами Гипродрев, Гипробум и Гипропластмасс для цехов аналогичного назначения.

Таблица 1

Показатели	Годовой объем перерабатываемой щепы, тыс. м ³			
	300	450	600	900
Выход технологической щепы, тыс. м ³ . . .	240	360	480	720
Капитальные затраты, руб./м ³	0,31	0,26	0,23	0,21
Себестоимость облагораживания, руб./м ³ . .	0,268	0,231	0,214	0,201

Себестоимость щепы при облагораживании ее методом пропитки в горячей и холодной воде приведена на рис. 4. При средней отпускной цене щепы франко-цех потребления (по данным целлюлозно-бумажных предприятий) $C_{ц} = 18,45$ руб./м³, переработка низкокачественной древесины на предприятиях-потребителях экономически целесообразна при объемах производства щепы не менее 100 тыс. м³.

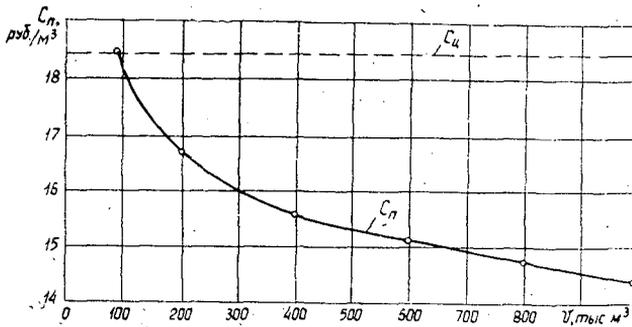


Рис. 4.

Для выявления оптимального варианта мы сравнили стоимость щепы франко-пункт потребления при трех рассмотренных случаях ее производства (рис. 5). Себестоимость технологической щепы франко-пункт потребления при производстве ее по первому варианту (C_1) складывается из затрат на облагораживание балансов в леспромхозе, транспортировку их и измельчение в щепу на предприятиях-потребителях; по второму варианту (C_2) — из стоимости щепы франко-склад леспромхоза и расходов на транспортировку ее до предприятия-потребителя; в третьем случае (C_3) — из стоимости транспортировки дровяной древесины и затрат на получение щепы у потребителя.

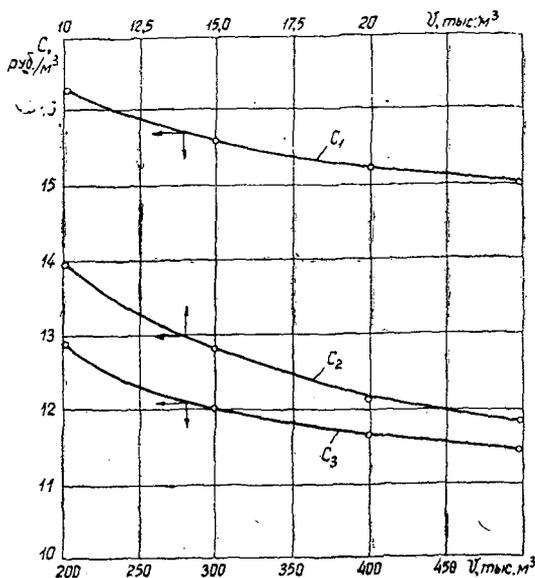


Рис. 5.

С учетом транспортных расходов условие эффективности (1) выражается

$$C_n + C_T \leq C_o. \quad (2)$$

Транспортные расходы C_T определены по уравнениям [1] при перевозке низкокачественной древесины

$$C_T = 0,0018l + 0,31 \text{ руб./м}^3; \quad (3)$$

при перевозке щепы

$$C_T = 0,0017l + 1,07 \text{ руб./м}^3, \quad (4)$$

где l — расстояние транспортировки, км.

Коэффициент выхода щепы из облагороженных балансов принят 0,9; из необлагороженной древесины — 0,6, расстояние перевозки — до 500 км.

Данные рисунка показывают, что с учетом эксплуатационных и транспортных расходов наиболее экономична переработка низкокачественной древесины на предприятиях-потребителях щепы при облагораживании ее методом пропитки в горяче-холодных ваннах (кривая C_3). Наименее экономична переработка низкокачественной древесины на балансы в леспромхозах с последующей транспортировкой и измельчением их на предприятиях-потребителях щепы (кривая C_1). Выработка технологической щепы на нижних складах леспромхозов занимает промежуточное положение (кривая C_2). Однако при всех названных вариантах и указанных условиях переработка низкокачественной древесины на технологическую щепу рентабельна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Е. Леванов. Экономика производства технологической щепы и древесных плит. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [2]. Л. Е. Чивиксин. Исследование энергоемкости и силовых параметров процесса выборки гнили продольным фрезерованием. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [3]. Л. Е. Чивиксин. Исследование возможности отделения гнили от здоровой щепы методом пропитки. Труды АЛТИ, т. XXII, Архангельск, 1970.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.5

О ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЕ
НЕКОТОРЫХ ЛИСТВЕННО-ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
МАРИЙСКОЙ АССР

В. И. ВОХМИНЦЕВ

Марийский политехнический институт

В лесах Марийской АССР встречается немало разновозрастных древостоев. Большинство их сложны по форме и составу, полнота верхнего яруса неравномерная и чаще всего низкая. Все это не позволяет в полной мере осуществлять различные лесозэксплуатационные и даже лесохозяйственные мероприятия. Сплошные рубки главного пользования здесь нецелесообразны ни с технологической, ни с экономической точек зрения, ибо запас спелых и перестойных деревьев относительно невелик. Не применим здесь ни один из известных видов рубок гухода.

Для того, чтобы в таких древостоях правильно, на научной основе, организовать ведение хозяйства, необходимо изучить их возрастное строение. Выбор участка, закладку пробных площадей и изучение возрастной структуры древостоев производили по методике, предложенной А. Н. Шавниным [4]. Всего было заложено шесть пробных площадей, из них три на вырубке, вышедшей из-под ельника липового, две — из-под ельника кисличного и одна — из-под ельника липняково-кисличного. Обследовано всего 1725 гней, из которых 1141 — еловые.

Возраст деревьев на всех пробных площадях колеблется от 30 до 240 лет, однако основное количество деревьев почти на всех пробных площадях появилось в течение 40—60 лет. Особенно значительные колебания отмечены на пробных площадях № 1, 2 и 3 (Советский лесхоз), несколько меньше на пробках № 4 и 5 (Новоторьяльский лесхоз). Пробная площадь № 6 (Пригородный лесхоз) заложена в насаждении, пройденном условно сплошными рубками в 1928—1932 гг. Здесь основное количество деревьев появилось в течение 30 лет, причем 27,1% — в первые 10 лет после рубки.

Обычно с увеличением диаметра средний возраст ступени повышается. Связь возраста с диаметром тесная, высокая (коэффициент корреляции колеблется от 0,71 до 0,84). Однако и у деревьев одинаковой толщины возраст может быть довольно различным. Коэффициент изменчивости возраста до ступени 12—16 см обычно возрастает, достигая 25—30%, а иногда и 36% (проба № 4), затем постепенно уменьшается и в более высоких ступенях становится равным 5—8%, при общем коэффициенте изменчивости 38,3—49,4%.

Для более полного выявления характера возрастного строения древостоев устанавливали ряды распределения числа стволов по возрастам и диаметрам и выражали в «естественных» ступенях [3], которые правильнее было бы называть «относительными» [2].

Значения возраста и диаметра деревьев ели по относительным ступеням колеблются в пределах от 0,4 до 2,8 (возраст) и от 0,4 до 2,6 (диаметр). Кривые распределения сильно растянуты вправо (рис. 1), что говорит о преобладании молодых и тонкомерных стволов (левый скос). На некоторых кривых наблюдается по несколько пиков, названных либо значительным отпадом деревьев в короткое время, либо увеличенной вырубкой.

Распределение деревьев по относительным ступеням диаметра и возраста и статистические показатели пробных площадей, приведенные в табл. 1, позволяют древостой всех пробных площадей по классификации И. В. Семечкина [2] отнести к абсолютно разновозрастным.

Причины разновозрастности древостоев различны. Так, на пробных площадях № 1—3 древостой в основном формировался под воздействием природно-климатических факторов и биологических особенностей ельников. Влияние человека здесь довольно слабо, ибо значительных рубок не было, не обнаружены и признаки пожаров. В разновозрастных ельниках выпадают деревья всех размеров, но с преобладанием наиболее толстомерных, старых. В наших условиях большинство деревьев отмирает в возрасте 150—200 лет, но встречаются 250-летние совершенно здоровые.

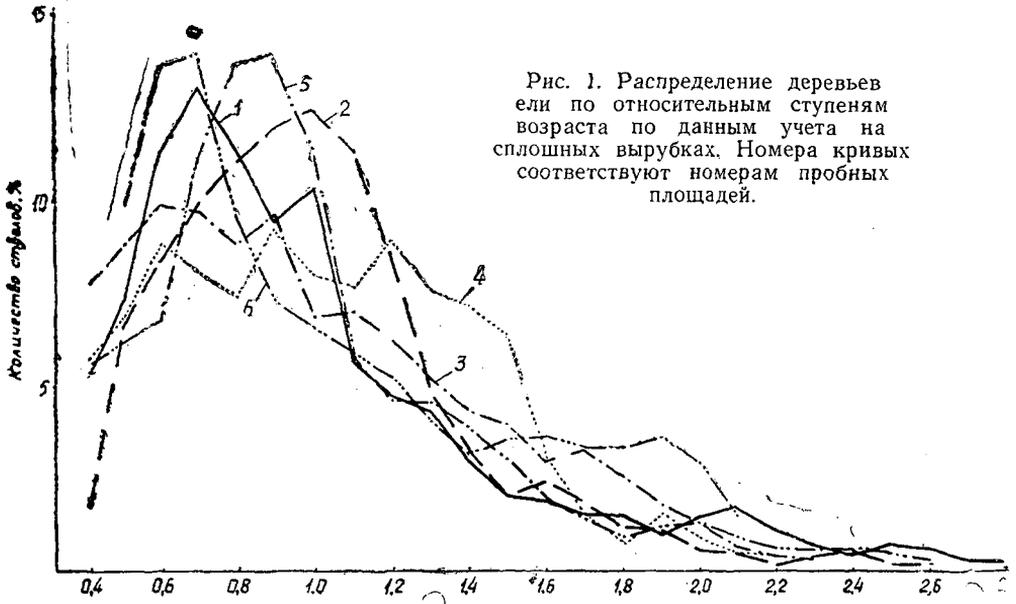


Рис. 1. Распределение деревьев ели по относительным ступеням возраста по данным учета на сплошных вырубках. Номера кривых соответствуют номерам пробных площадей.

Таблица 1

№ пробных площадей	Порода	Возраст А, лет	Коэффициент изменчивости возраста С _А , %	Точность опыта Р _А , %	Диаметр D, см	Коэффициент изменчивости диаметра С _D , %	Точность опыта Р _D , %	Коэффициент корреляции для А и D
1	Е	85	49,4	3,36	21,7	59,2	4,03	0,84 ± 0,019
	Лп	60	48,0	8,13	18,9	50,9	8,60	
	Б	61	65,1	15,86	29,8	71,7	17,30	
2	Е	88	38,3	2,63	22,1	48,9	3,4	0,86 ± 0,018
	Лп	66	52,0	8,42	22,2	52,5	8,50	
	Б	63	47,5	10,09	26,1	56,1	11,90	
3	Е	84	44,0	3,05	20,8	48,1	3,40	0,81 ± 0,023
	Лп	59	45,4	9,66	19,5	51,9	11,00	
	Б	68	46,6	7,10	26,3	49,1	7,45	
4	Е	71	42,1	3,02	21,8	57,4	4,10	0,72 ± 0,034
	Ос	48	35,5	4,00	27,2	49,8	5,60	
	Б	51	43,5	6,70	25,3	58,3	8,90	
5	Е	58	43,4	3,60	22,3	54,2	3,80	0,78 ± 0,027
	Ос	45	33,6	3,71	23,8	49,3	5,20	
	Б	44	34,8	4,28	24,5	46,6	5,73	
6	Е	54	46,9	4,47	19,8	51,6	4,92	0,71 ± 0,047
	Ос	39	38,5	4,87	17,5	54,2	6,90	
	Б	41	41,2	4,73	19,3	49,4	5,70	

Примечание. Во всех случаях связь высокая, тесная.

Пробные площади № 4 и 5 заложены в лесах густо населенного района (лесистость 15—18%), где велика потребность в древесине. Леса эти неоднократно подвергались выборочным рубкам. Прежде вырубали преимущественно деловые стволы ели с диаметром на высоте груди 20—40 см. Вот почему в ступенях толщины 28—32 см и выше преобладают деревья дровяные и полуделовые. Лиственничные породы вырубали мало, видимо, поэтому встречается довольно много толстомерных осин и берез.

Пробная площадь № 6 расположена на участке условно сплошной рубки 1928—1932 гг. Поэтому здесь преобладают 30—40-летние деревья, появившиеся после рубки основного полога древостоя.

С целью более полного вовлечения разновозрастных древостоев в хозяйственную деятельность, улучшения их состояния и получения древесины необходимы комплексные рубки (одновременно рубки ухода и выборочные). В зоне деятельности основных лесозаготовительных предприятий рубки должны быть направлены на создание древостоев, близких к разновозрастным. Для этого нужно в 2—3 приема вырубить спелые деревья, а за молодыми, средневозрастными и приспевающими провести тщательный уход. Эти рубки обязаны проводить лесозаготовители. В районах местного лесоотпуска следует создавать разновозрастные древостои с преобладанием ценных хвойных пород, с постоянным пользованием. Интенсивность рубки небольшая, а повторяемость частая. При каждом приеме основное внимание должно быть направлено на уход за молодыми, средневозрастными и приспевающими деревьями. Эти рубки выполняют работники лесхоза.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Л. Дворецкий. К вопросу о таксации разновозрастного древостоя. Сборник по обмену производственным и научным опытом, вып. 4, изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [2]. И. В. Семечкин. Строение разновозрастных кедровых древостоев и особенности таксации их. Изд. Института леса и древесины СО АН СССР, Красноярск, 1963. [3]. А. В. Тюрин. Таксация леса. Гослестехиздат, М., 1945. [4]. А. Г. Шавнин. Опыт изучения возрастной структуры и строения елово-пихтовых насаждений по данным исследований свежих вырубок. Труды Уральского ЛТИ, вып. 16, 1959.

УДК 634.0.231

О ВОЗОБНОВЛЕНИИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ БИЛИМБАЕВСКОГО ЛЕСХОЗА

М. Н. ЕГОРОВ

Уральский лесотехнический институт

В литературе имеются лишь краткие сведения о возобновлении сосняков Билимбаевского лесхоза (южная часть Среднего Урала) [11], [12], [13], [10], [2], [14], [4], [5], [6]. Судьба последующих «поколений» лесов, подчас определяющих и развитие многих отраслей народного хозяйства, всегда волновала лесоводов. Данная статья является попыткой обобщить и проанализировать сохранившиеся архивные сведения и данные лесоустройств дачи 1841—1924 гг.

Впервые этот вопрос был затронут в «Сведениях о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода» [8], где, в частности, отмечается, что «...сосна, господствующая порода в даче, распространяется на ней самосевом весьма быстро и достигает большого совершенства. На почве, которой основанием служат сланцы, змеевики и рогообманковые породы, глина, известняк и глинопесчаные наносы, распространяется не столь успешно... При внимательном наблюдении оказывается, что в первых годах существования завода сосны в даче было еще больше, чем есть ныне».

«Обновлением лесов через самый порядок рубок» занимался Главный лесничий Уральских заводов Шульц [3], отдавший 46 лет своей жизни службе в лесах Урала. Он рекомендовал: «...для удобнейшего естественного возобновления лесов порядок рубки признан один по Уральским заводам лучшим: производить узкими делянками в 50 сажен шириною... сообразно свирепствующим в то время ветров, когда разверзнутся шишки и выпадают из них семена...».

Главный управляющий лесами Строгановых в Пермской губернии А. Е. Теплоухов [13] пишет о сосняках Билимбаевской дачи: «На месте вырубленных сосняков растут повсюду отличные молодые рощи той же породы без помощи искусственного разведения, при одном охранении подроста и соблюдении высокого 120-летнего оборота».

Описывая Шайтанский завод г.г. Берг, Н. П. Сосунов [10] отмечает: «...по истечению потребности на заводское действие лесов вообще недостаточно. Естественное обсеменение хотя и есть, но произрастание, особенно хвойных лесов, идет медленно...» Планы дачи от 1743, 1786, 1792, 1840 1878; 1901 гг., на которые делает ссылку Н. Сельский [9], могли бы помочь полнее раскрыть «движение» лесов, но, к сожалению, они не сохранились. Лесной ревизор Н. Сельский обследовал естественное возобновление в ряде мест дачи и нашел, что происходит смена хвойных пород березой, а иногда и неудовлетворительное возобновление.

Вопросами лесовосстановления в даче и влияния на него климатических и почвенных условий занимался окружной лесничий Билимбаевской дачи А. Н. Боярши-

Таблица 1

Категории не покрытой лесом площади дачи по данным 1924 г.	Площадь	
	десятины	%
Лесосеки последнего 10-летия	2963	66,6
Лесосеки прошлых лет	504	11,1
Пустыри и гари	252	5,6
Прогаины	30	0,7
Итого	3749	84,0
Дороги и просеки	716	16,0

Таблица 2

Порода	Распределение площади, $\frac{\text{десятины}}{\%}$, по классам бонитета				
	I	II	III	IV	итого
Сосна	$\frac{1207}{42,5}$	$\frac{1592}{56,0}$	$\frac{36}{1,5}$	$\frac{9}{—}$	$\frac{2844}{75,9}$
Ель, пихта	—	—	$\frac{291}{91}$	$\frac{29}{9}$	$\frac{320}{8,5}$
Береза, осина	—	$\frac{140}{24}$	$\frac{445}{76}$	—	$\frac{585}{15,6}$
Всего	$\frac{1207}{32,2}$	$\frac{1732}{46,2}$	$\frac{772}{20,6}$	$\frac{38}{1}$	$\frac{3749}{100}$

Таблица 3

Класс бонитета	Возраст вырубki	Площадь лесосек, $\frac{\text{десятин}}{\%}$, при оценке возобновления				всего
		удовлетворительное		неудовлетворительное	совершенно отсутствует	
		без смены пород	со сменой пород			
I	1—6	$\frac{38,2}{34,9}$	—	$\frac{45,7}{41,8}$	$\frac{25,5}{23,3}$	$\frac{109,4}{100,0}$
		—	$\frac{44,4}{100}$	—	—	$\frac{44,4}{100}$
II	7—10	$\frac{20,5}{31,2}$	$\frac{45,3}{68,8}$	—	—	$\frac{65,8}{100}$
	14—15	$\frac{20,1}{11,8}$	$\frac{135,8}{80,0}$	—	$\frac{13,9}{8,2}$	$\frac{169,8}{100}$
Всего по II-классу бонитета	2—15	$\frac{40,6}{14,5}$	$\frac{225,5}{80,5}$	—	$\frac{13,9}{5,0}$	$\frac{280,0}{100}$

нов [1]. Он пишет: «При 200-летнем существовании завода леса дачи были обрублены уже три раза, так что ныне назначенные к вырубке леса являются уже вторыми и третьими. Обращаясь к способу их рубок в прежнее время, мы видим, что все они рубились сплошь (с 1730 по 1801 гг.) площадями иногда в несколько квадратных верст, однако возобновление, как это показал опыт, шло вполне удовлетворительно и леса остались в тех своих естественных границах, которые обусловлены почвенно-грунтовыми условиями». Более обстоятельно лесовозобновительный процесс в даче анализирует В. И. Панин [7]. Не покрытая лесом площадь, по его данным,

определилась в 4465 десятин (10% от лесной). Распределение ее по категориям показано в табл. 1, площади первых четырех категорий по породам и классам бонитета — в табл. 2, из которой видно, что 80% всех необлесившихся площадей падает на пространства, занятые сосной высших классов бонитета. Это травянистые и травянисто-ягодниковые боры, приуроченные к нижним и средним пологим склонам гор и к долинам с мощными и плодородными почвами. Возобновление идет или замедленно, или сопровождается сменой пород. Намного успешнее возобновление материнской породы в сухих борах III класса бонитета, приуроченных к верхним покатым или крутым склонам гор, а также в борах-ягодниках II класса по покатым склонам гор. Супесчаные мелкие или средние почвы этих типов сосняков лишены склонности к задернению и на них лучше возобновляется сосна. Принимая во внимание наличие елово-пихтовых насаждений на легких суглинистых почвах и присутствие почти повсюду елово-пихтового подроста сосны, нельзя не предположить, что эти насаждения медленно надвигаются на территории, занятые сосной. В табл. 3 представлены результаты исследования возобновления на лесосеках, вышедших из-под сосновых насаждений, на площади 389 га, при ширине вырубки до 100 м.

Кратко изложенная характеристика условий и процессов возобновления сосняков — результат наблюдений и анализа сохранившихся данных о возобновлении сосняков дачи, площадь и границы которой были более или менее идентичны с предыдущими, и на этой площади в основном сосредоточены сосновые насаждения лесхоза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Бояршинов. План лесного хозяйства в Билимбаевской даче графа С. И. Строганова. Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 803, 1913. [2]. Н. Н. Глушков. Лесное хозяйство в Пермском нераздельном имении графа С. А. Строганова. «Лесной журнал», вып. 7, 1906. [3]. Записки бывшего Главного лесничего Шульца о состоянии лесной части Уральских заводов за время 1837—1857 гг., Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 35. [4]. Н. А. Коновалов. К изучению взаимоотношения сосны, ели и лиственницы. Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 1, Свердловск, 1949. [5]. А. М. Никитин. Пути повышения продуктивности лесов в Билимбаевском лесхозе. Сб. «Повышение продуктивности и рациональное использование лесов», УЛТИ, Свердловск, 1967. [6]. А. М. Никитин. Лесовосстановительные работы в условиях Билимбаевского лесхоза. Леса Урала и хозяйство в них, вып. 2, Уральская лесная опытная станция ВНИИЛМ, Свердловск, 1968. [7]. В. И. Панин. Отчет по Б. даче Б. лесничества Уральской области Свердловского округа устройства 1924—1925 гг., т. 1. [8]. Сведения о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода 1841—1846 гг. Свердловский государственный архив, ф. 9, д. 247. [9]. Н. Сельский. Протокол от 17 августа 1912 г. о местном исследовании Билимбаевской дачи графа Строганова. Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 803. [10]. Н. П. Сосунов. О Шайтанских заводах г.г.Берг. Записки УОЛЕ, т. 3, вып. 2, 1876. [11]. А. Е. Теплоухов. Замечания о лесном хозяйстве и поведении важнейших древесных пород на горном Урале сравнительно с породами Новгородской губернии. Сб. «Forstliches Cotta album», 1844 (на немецком языке). [12]. А. Е. Теплоухов. Наблюдения над побегопроизводительностью и приростом березы, сделанные в лесной даче Билимбаевского завода. Труды Вольного экономического общества, т. 1, 1852. [13]. А. Е. Теплоухов. Краткое описание лесохозяйства в Пермском майорате графов Строгановых. Пермский сборник, кн. 1, М., 1859. [14]. А. М. Шибалов. Естественное возобновление в водоохранно-защитных сосновых лесах бассейна р. Чусовой. Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 2, Свердловск, 1954.

УДК 634.0.811.13 : 674.032.11

ОСОБЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАМБИА СТВОЛОВ И КОРНЕЙ ПИХТЫ КАВКАЗСКОЙ РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ

Э. Д. ЛОБЖАНИДЗЕ, А. А. КАНДЕЛАКИ

Тбилисский институт леса

В настоящей статье приведены результаты изучения деятельности камбия в стволах и корнях пихты кавказской разных поколений в разновозрастном насаждении.

Наши исследования выполнены в Боржомском ущелье (Ахалдаба) и в окрестностях оз. Рица (Абхазская АССР) в разновозрастных и разноярусных елово-пихтовых лесах. Ниже приведено лесоводственно-таксационное описание пробных площадей.

Пробная площадь 1 (Боржоми). Состав древостоя: 7Е (*Picea orientalis* Link.) ЗПх (*Abies nordmanniana* Sprash.), ед. Гр. Полнота 0,6, средний возраст 100 лет, средняя высота 19 м, средний диаметр ели 32 см, пихты 28 см, класс бонитета IV. В подросте ель, пихта и граб группами средней густоты. Высота над уровнем моря 800 м, склон северо-восточной экспозиции крутизной 20—30°. Почва суглинистая малой мощности.

Пробная площадь 2 (окрестности оз. Рица). Состав древостоя: 6Е4Пх, ед. Кл (*Acer campestre* L.). Полнота 0,7, средний возраст 130 лет, средняя высота 21 м, средний диаметр ели 36 см, пихты 32 см, класс бонитета III. В подросте ель, пихта, клен (20—30 лет) группами средней густоты. В подлеске бузина, малина. Высота над уровнем моря 900 м, экспозиция склона юго-восточная, уклон 25—30°, почва свежая, средней мощности.

В разновозрастных и разноярусных темнохвойных горных лесах верхний ярус образуют высокие и хорошо развитые спелые и перестойные деревья (I поколения). Приспевающие и средневозрастные деревья средней высоты (II поколения) составляют средний ярус. Молодые низкие деревья (III поколение) образуют нижний ярус. К подросту (IV—V поколения) относятся деревья ниже 4 м, диаметром до 10 см. Эти ярусы соответствуют возрастным поколениям.

Ход прироста определяли с помощью высечек с последующим измерением прироста под микроскопом.

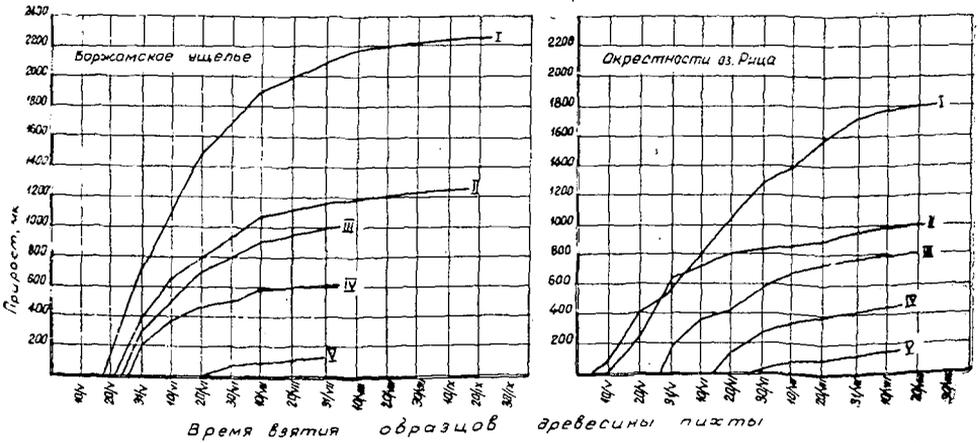


Рис. 1.

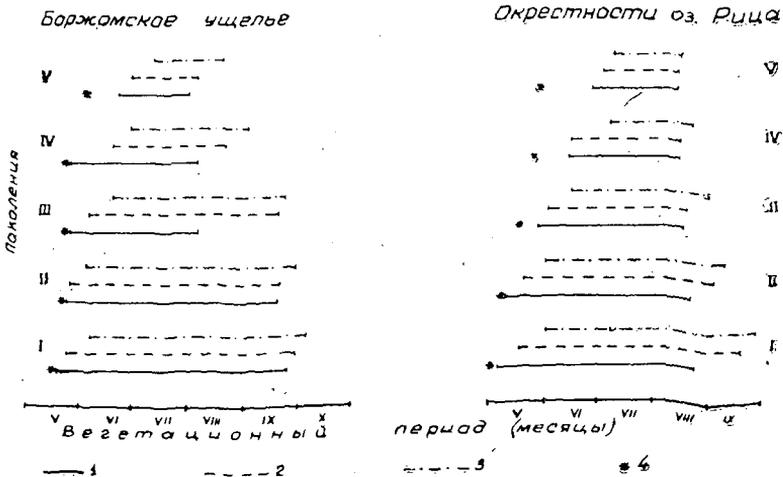


Рис. 2.

Методика взятия образцов и изготовления постоянных микропрепаратов для стволов и корней приведена в работах Э. Д. Лобжанидзе [4] и А. А. Канделаки [3].

Ход прироста древесины в стволах и корнях деревьев пихты кавказской I, II, III, IV и V поколений за вегетационный период 1966 г. графически изображен на рис. 1 (номера кривых соответствуют номерам поколений). Периоды деятельности камбия у этих деревьев изображены на рис. 2 (1 — в стволах; 2 — у корневой шейки; 3 — в корнях; 4 — начало раскрытия почек).

В корнях древесина формируется значительно позднее, чем в стволах. Вместе с тем промежуток времени между началом деятельности камбия в надземных и подземных частях в низших поколениях возрастает. Так, у первого поколения указанный период равняется 21 дню, у второго 14, а у III, IV и V — 27, 37 и 39 дням.

Почти во всех поколениях в течение всего вегетационного периода камбий в корнях функционирует одинаково, поэтому годичные кольца корней в большинстве случаев состоят из однотипных и близких по величине элементов древесины. Эти особенности делают сходной древесину корней и ствола угнетенных поколений (IV и V).

Продолжительность деятельности камбия в надземных частях деревьев I поколения в среднем составляют 131 день, II — 119, III — 77, IV — 72, V — 40 дней. Соответственно уменьшается годичный прирост древесины ствола: от 2,26 до 0,11 мм.

В подземных частях исследованных нами деревьев, так же, как и в стволе, модельные деревья низшего поколения по продолжительности деятельности камбия и годовичному приросту древесины отстают от модельных деревьев высшего поколения. Так, например, в корнях деревьев I поколения ширина годовичного кольца равна 1,50 мм при средней продолжительности деятельности камбия 121 день. У деревьев V поколения период формирования древесины уменьшается до 57 дней, а годовичный прирост до 0,17 мм.

В разновозрастных елово-пихтовых лесах Ричинского государственного заповедника распускание почек и деятельность камбия деревьев пихты кавказской I и II поколений начинается раньше, чем в елово-пихтовых лесах Боржомского ущелья, что объясняется различными климатическими условиями этих местообитаний. А. Денглер [5], ссылаясь на данные Гартига, отмечает, что в то время, как на северном склоне еще не наблюдалось признаков начала формирования древесины в надземных частях (26 мая), в ста шагах от этого места под солнцем (на южном склоне) уже сформировалась $\frac{1}{4}$ годовичного слоя стволовой древесины. Аналогичные факты приведены в некоторых исследованиях как для надземных [1], [2], так и подземных частей дерева [3].

Формирование поздней древесины в стволе у деревьев I и II поколений на пробе 2 начинается (15 июля) и заканчивается одновременно (у I поколения — 25, а у II — 22 августа), на месяц раньше, чем на пробе 1, что, несомненно, вызвано скудностью почвенной влаги на склонах южной экспозиции.

У деревьев III, IV и V поколений наблюдаются колебания в сроках распускания почек, начала и конца деятельности камбия, что свидетельствует о слабой реакции деревьев пихты нижнего яруса на условия внешней среды (по сравнению с деревьями господствующего поколения).

Привлекает внимание тот факт, что продолжительность деятельности камбия и период формирования поздней древесины, в особенности у деревьев верхнего яруса в окрестностях озера Рича, значительно меньше, чем в Боржомском ущелье. На пробе 1 средняя продолжительность деятельности камбия для деревьев всех поколений составляет: в стволе — 87, у корневой шейки — 88, для боковых корней — 83 дня, на пробе 2 соответственно 82, 83 и 80 дней.

Период формирования поздней древесины в стволе у деревьев пихты на пробе 2 от I до IV поколений уменьшается (чего не наблюдается в Боржомском ущелье), а у деревьев V поколения (так же как на пробе 1) поздняя древесина почти не образуется. На обоих исследованных объектах, во всех точках нашего наблюдения вегетационный прирост уменьшается от I к V поколению. Кроме того, на пробе 2 (склоны южной экспозиции) ширина образовавшихся за вегетационный период годовичных колец сравнительно меньше, чем на пробе 1 (склоны северной экспозиции), что объясняется различным количеством влаги в почве. У деревьев пихты от I к V поколению как в стволе, так и в корнях значительно уменьшается продолжительность деятельности камбия, ширина годовичных колец, а в надземных частях период формирования годовичных колец и процентное содержание поздней древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. А. Гоциридзе. Особенности деятельности камбия сосны крючковатой в горных условиях Грузии. Сообщение АН ГССР, XVII, 2, 1966.
- [2]. Л. И. Иванов. Анатомия растений. Гослестехиздат, Л., 1936.
- [3]. А. А. Канделаки. Периодичность деятельности камбия в корнях и стволах древесных растений. Сообщение АН ГССР, XLIV, 2, 1966.
- [4]. Э. Д. Лобжанидзе. Камбий и формирование годовичных колец древесины. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1961.
- [5]. A. Dengler. Waldbau. Berlin, 1944.
- [6]. Th. Hartig. Über die Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln. Bot. Ztg., 39, 1863.

УДК 634.0.283.1

О ГРОЗДЕВИДНОМ ПЛОДОНОШЕНИИ СОСНЫ В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ *

А. А. ЛИСТОВ

Институт биологии Коми филиала АН СССР

Образование гроздей шишек, спиралевидно расположенных на побегах сосны взамен брахибластов, отмечали отечественные и зарубежные ученые.

Мы неоднократно встречали гроздевидноплодоносящие сосны при изучении лесовозобновления в лишайниковых борах Мезенского бассейна. В 1966—1968 гг. было проведено специальное маршрутное обследование древостоев в Олемском и Устьвашском лесничествах Лешуконогого лесхоза Архангельской области, а также частично (совместно с В. А. Артемовым) в Зеленоборском лесничестве Коми АССР.

За эти годы было обнаружено 26 сосен с гроздьями двухлетних шишек и 43 — с гроздьями однолетних шишек, из них 64 в сосняке лишайниковом, 4 — в черничном, 1 — в долгомошном. Древостой в сосняках лишайниковых имеет полноту 0,3—0,5, относятся в основном к V классу бонитета, пройдены выборочными рубками и в прошлом были охвачены пожарами различной интенсивности, возраст обследованных деревьев 40—80 лет. Полнота сосняков черничных 0,7, возраст сосен около 100 лет. Гроздевидноплодоносящая сосна, обнаруженная в долгомошнике, имеет возраст 49 лет.

В 1966 г. в сосняках лишайниковых для детального осмотра крон было срублено восемь гроздевидноплодоносящих деревьев. С модельного дерева № 7 с наибольшим количеством гроздей 4 сентября были собраны все шишки, находившиеся в верхней части кроны. В связи с довольно ранним сбором, каждую гроздь шишек хранили 18 месяцев в стеклянных банках в неотапливаемом помещении. Затем, после сушки шишек при температуре 20—25°C, из них извлекали все семена. Анализ семян проводили по ГОСТу 2937—55.

Характерно, что кроны 62 деревьев с однолетними и двухлетними гроздьями шишек имели специфические повреждения в виде так называемой «стрижки». Было установлено, что «стрижку» вызывают два вида вредителей: *Blastophagus piniperda* L. и *Blastophagus minor* Hart. Повреждения лубоедов, приводящие к обламыванию центрального или боковых побегов сосны, характерны для сосняков, испытывавших в прошлом действие низовых пожаров. Однако многие деревья успешно зарубцовывают повреждения и из спящих почек возникают новые, обычно хорошо растущие, с крупной хвоей, среди которой имеются треххвойные пучки. На этих побегах взамен брахибластов иногда и образуются грозди шишек.

На особое место этих вредителей в сосновых древостоях севера, сохранивших жизнедеятельность после пожара, указывает И. С. Мелехов [1]. Эти сосны имеют неплохой рост по высоте и по диаметру, но к числу плюсовых не относятся.

Для подробной характеристики гроздевидного плодоношения приводим данные по модельному дереву № 7, обнаруженному в сосняке лишайниковом в квартале 90 Устьвашского лесничества в древостое III класса возраста, полнотой 0,4. Насаждение ранее было охвачено беглым низовым пожаром. Почва — маломощный подзол на флювиогляциальном песке. Характеристика дерева: высота 10,1 м, диаметр на высоте 1,3 м — 16 см, возраст 48 лет, кора на стволе чешуйчатая, сучья отходят от ствола под углом около 65°, возраст хвои 3 года.

Верхняя часть кроны длиной 118 см насчитывает четыре мутовки и отнесена нами по Т. П. Некрасовой [2] к женскому генеративному ярусу. В этом ярусе сосредоточено 48 побегов, из которых 31 женский и 17 ростовых. Мужских побегов нет. 7 побегов несут грозди шишек по 5—30 шт. и 24 побега по 1 или 2—4 шт. Эта маленькая часть кроны содержит 151 шишку.

Данное дерево имеет два верхних побега, образовавшихся вместо главного побега, поврежденного два года назад. На этих побегах образовались наиболее крупные грозди (всего 55 шишек). Побеги заметно сбежисты, после образования гроздей

* Работа выполнена под руководством акад. ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, проф. И. С. Мелехова.

шишек рост их по высоте оказался почти на 40% меньше, чем рост побегов других сосен. Средняя длина однолетней хвои 3,5 см, двухлетней — 5,5 см. Повреждения были нанесены не только главному, но и боковым побегам.

Существенное отличие всех шишек — их небольшая величина. В крупных гроздях шишки мельче, причем в двух гроздях оказалось 8 недоразвитых шишек. Цвет всех шишек почти одинаков. Выход семян низкий. Недоразвитые семена составляют 38—40% от общего количества семян. Большая часть недоразвитых семян содержится в нижней части шишек.

Величина крылатки у недоразвитых и нормальных семян различается мало. Пустые и неполнозернистые семена составили 18—18,5% от общего числа нормальных по величине семян.

Посевные качества семян, извлеченных из шишек в гроздях, в целом невысоки. Вес 1 тыс. семян 3,4—3,6 г. Техническая и абсолютная всхожесть, а также энергия прорастания этих семян значительно ниже, чем у семян из одиночно расположенных шишек. Однако по всхожести семена из 25-шишечной грозди могут быть отнесены (согласно ГОСТу 1438—55) к III классу сортности. Абсолютная всхожесть семян в крупных гроздях оказалась удовлетворительной (73—90%).

При оценке качества семян, полученных из шишек, находившихся в гроздях, мы учитывали, что было исследовано небольшое количество семян, а шишки были собраны сравнительно рано и хранились в неотопляемом помещении в течение 18 месяцев.

В связи с этим можно отметить, что семена из гроздей шишек могут быть стандартными и иметь некоторое практическое значение, если предварительно будут отсортированы пустые, неполнозернистые и недоразвитые семена.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Мелехов. Влияние пожаров на лес. Гослестехиздат, М.—Л., 1948.
[2]. Т. П. Некрасова. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Изд-во АН СССР, 1960.

УДК 634.0.5

ВЛИЯНИЕ ОШИБОК КОНТРОЛЯ НА ОЦЕНКУ ПРАВИЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Л. П. ЗАЙЧЕНКО

ВНИИМлесхоз

Достоверность данных лесоустройства проверяют таксацией леса в натуре. Эти проверки носят инспекционный характер и обычно обнаруживают вполне удовлетворительную правильность (систематическую ошибку) и точность (случайную ошибку) таксации. Оценки этих же показателей выборочно-перечислительными методами гораздо ниже. Основная причина такого расхождения оценок, по нашему мнению, кроется в одностороннем влиянии на них погрешностей контрольных измерений.

При любых исследованиях в качестве критерия оценки проверяемых данных принимаются данные контрольных измерений, выполненные квалифицированными лицами, тщательно, а иногда более точными методами. Тем не менее, контрольные измерения все же не свободны от ошибок. Их систематическая ошибка θ_{bc} искажает систематическую ошибку проверяемых данных θ_{ac} , согласно следующей алгебраической разности:

$$\theta_{ab} = \theta_{ac} - \theta_{bc} \quad (1)$$

где θ_{ab} — оценка систематической ошибки проверяемых данных (ошибка относительно контрольных данных).

Как видно из выражения (1), совпадение знаков систематических ошибок контрольных и проверяемых данных уменьшает, а несовпадение, наоборот, увеличивает абсолютную величину оценки.

Случайная погрешность контрольных данных влияет на оценку случайной ошибки проверяемых данных также в сторону уменьшения, если знаки всех соответствующих парных отклонений* совпадают, и, наоборот, в сторону увеличения, если знаки отклонений противоположны, что выражается формулами

* Парные отклонения — это отклонения проверяемых и контрольных измерений относительно истинных размеров одних и тех же объектов.

$$\sigma_{ab}^2 = (\sigma_{ac} - \sigma_{bc})^2; \quad (2)$$

$$\sigma_{ab}^2 = (\sigma_{ac} + \sigma_{bc})^2, \quad (3)$$

где σ_{ab} — оценка случайной ошибки проверяемых данных;
 σ_{ac} — случайная ошибка проверяемых данных;
 σ_{bc} — случайная ошибка контрольных данных.

В тех случаях, если у одной части пар отклонений знаки совпадают, а у другой противоположны, степень влияния случайной ошибки контрольных данных ослабляется и зависит от значения коэффициента корреляции $r_{ac\ bc}$ между отклонениями проверяемых и контрольных измерений относительно истинных данных, что выражается формулой

$$\sigma_{ab}^2 = \sigma_{ac}^2 + \sigma_{bc}^2 - 2r_{ac\ bc} \cdot \sigma_{ac} \cdot \sigma_{bc}. \quad (4)$$

Равенство (4) представляет собой обобщенное выражение формул (2) и (3): оно превращается в (2) в том случае, если $r_{ac\ bc} = +1$, и в (3), если $r_{ac\ bc} = -1$. При $r_{ac\ bc} = 0$ формула (4) принимает вид

$$\sigma_{ab}^2 = \sigma_{ac}^2 + \sigma_{bc}^2. \quad (5)$$

Равенство (5) характеризует случай методически правильно построенных измерений, в которых обеспечена независимость проверяемых и контрольных данных. При условии

$$r_{ac\ bc} = \frac{\sigma_{bc}}{2\sigma_{ac}} \quad (6)$$

имеем зависимость

$$\sigma_{ab}^2 = \sigma_{ac}^2, \quad (7)$$

при которой оценка случайной ошибки проверяемых данных совпадает с самой ошибкой. Из формулы (4) и частных ее случаев (2), (3), (5) и (7) легко выводятся следствия, позволяющие найти σ_{ac}^2 или σ_{bc}^2 . Например,

$$\sigma_{ac}^2 = \sigma_{ab}^2 - \sigma_{bc}^2 + 2r_{ac\ bc} \cdot \sigma_{ac} \cdot \sigma_{bc}; \quad (8)$$

$$\sigma_{bc}^2 = \sigma_{ab}^2 - \sigma_{ac}^2 + 2r_{ac\ bc} \cdot \sigma_{ac} \cdot \sigma_{bc}. \quad (9)$$

Уравнения (8) и (9) не совсем удобны, так как содержат искомые величины в правой части. Чтобы избежать этого, можно воспользоваться формулами, выражающими те же зависимости в ином виде,

$$\sigma_{ac}^2 = \sigma_{ab}^2 + \sigma_{bc}^2 + 2r_{ab\ bc} \cdot \sigma_{ab} \cdot \sigma_{bc}; \quad (10)$$

$$\sigma_{bc}^2 = \sigma_{ab}^2 + \sigma_{ac}^2 - 2r_{ab\ ac} \cdot \sigma_{ab} \cdot \sigma_{ac}, \quad (11)$$

где $r_{ab\ bc}$ — коэффициент корреляции между оценками отклонений проверяемых данных и отклонениями контрольных данных;
 $r_{ab\ ac}$ — коэффициент корреляции между оценками отклонений проверяемых данных и самими проверяемыми отклонениями.

При $r_{ab\ bc} = 0$ имеем

$$\sigma_{ab}^2 = \sigma_{ac}^2 - \sigma_{bc}^2 \quad (12)$$

и при $r_{ab\ ac} = 0$

$$\sigma_{ab}^2 = \sigma_{bc}^2 - \sigma_{ac}^2, \quad (13)$$

которые внешне как бы противоречат равенству (5). Однако в действительности никакого противоречия нет, так как нулевым значениям $r_{ab\ bc}$ или $r_{ab\ ac}$ всегда соответствует конкретное значение $r_{ac\ bc}$. Отмеченное положение наглядно показывает, что подлинным коэффициентом корреляции является $r_{ac\ bc}$. Он характеризует связь между подлинными отклонениями, то есть взятыми относительно истинных размеров измеряемого объекта. Остальные коэффициенты корреляции характеризуют связь между истинными отклонениями и отклонениями относительно контрольных данных, испытывают влияние ошибок последних и, следовательно, косвенно выражают содержание коэффициента $r_{ac\ bc}$, с которым связаны следующими зависимостями:

$$r_{ac\ bc} = \frac{\sigma_{ab} \cdot r_{ab\ bc} + \sigma_{bc}}{\sigma_{ac}}; \quad (14)$$

$$r_{ac\ bc} = \frac{\sigma_{ac} - \sigma_{ab} \cdot r_{ab\ ac}}{\sigma_{bc}} \quad (15)$$

На оценку случайной ошибки проверяемых данных влияет также оценка их систематической ошибки согласно известной зависимости

$$\sigma_{\text{общ. } ab}^2 = \sigma_{ab}^2 + \Theta_{ab}^2 \quad (16)$$

где $\sigma_{\text{общ. } ab}^2$ — оценка случайной ошибки проверяемых данных, не освобожденная от влияния оценки систематической ошибки.

На основе выражений (4) и (16) получаем развернутое значение оценки случайной ошибки проверяемых данных

$$\sigma_{\text{общ. } ab}^2 = \sigma_{ac}^2 + \sigma_{bc}^2 - 2r_{ac\ bc} \cdot \sigma_{ac} \cdot \sigma_{bc} + \Theta_{ab}^2 \quad (17)$$

Из формул (1) и (17) видно, что оценку правильности и точности проверяемых данных искажают три величины: систематическая и случайная ошибка контрольных измерений и наличие корреляции между парными отклонениями проверяемых и контрольных данных. Следовательно, для получения исправленной оценки нужно фактическую оценку проверяемых данных очистить от влияния перечисленных факторов. Из приведенного анализа ясно, что исправленную оценку случайной ошибки следует вычислять по формуле (8) — с вычислением σ_{ac} в две повторности: сначала приближенно, с подстановкой в правую часть формулы σ_{ab} вместо σ_{ac} , а затем более точно, с подстановкой в правую часть формулы значения σ_{ac} , вычисленного в первую повторность.

Исправленную оценку систематической ошибки следует вычислять по формуле

$$\Theta_{ac} = \Theta_{ab} + \Theta_{bc} \quad (18)$$

Таким образом, для методически правильно построенного контроля должны быть известны систематическая и случайная ошибки контрольных данных и коэффициент корреляции между парными отклонениями сопоставляемых данных. Эти величины можно выявлять как до начала контроля на основе материалов проверок, ранее проведенных в сходных условиях, так и в процессе контроля, выборочно изучая материалы более точными методами.

При сложившейся в лесоустройстве практике контроля проверяющее лицо имеет перед глазами результаты проверяемой таксации и уже после этого дает глазомерную характеристику древостоя. Ясно, что на результаты таксации сильное психологическое давление оказывают уже известные контролеру значения таксационных показателей. Невольно он «подтягивает» свои результаты к данным проверяемой таксации и тем самым приближает свою систематическую погрешность к ошибке проверяемого лица и создает положительную корреляцию между отклонениями, в результате чего резко уменьшается абсолютная величина оценки ошибок проверяемой таксации. В этом заключается одна из основных причин, почему оценки правильности и точности проверяемой глазомерной таксации обычно завышены (вторая причина — ошибка синтеза таксационной характеристики по всей площади выдела — имеет иную природу и здесь не рассматривается). Если проверяющее лицо на очередном пункте таксации будет сначала давать таксационную характеристику, а затем сравнивать ее с данными проверяемой таксации, то сближение систематических ошибок и корреляция между парными отклонениями сократятся, но не будут полностью уничтожены, так как при таксации последующих выделов сохранится психологическое воздействие известных результатов обследования предыдущих выделов. Поэтому нужно всегда учитывать качественное различие инспекционных измерений. Следует проводить дополнительные изыскания и обработку результатов контроля, чтобы получить оценку правильности и точности проверяемых данных, очищенную от влияния ошибок контрольных измерений.

УДК 581.132.1

О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ КУЛЬТУР СОСНЫ

Н. А. ВОРОНКОВ, В. М. НЕВЗОРОВ

ВНИИЛМ

В сосняках Бузулукского бора четко выражено пожелтение хвои в холодный период года. Часть сосенок (до 10%) почти полностью теряет зеленую окраску и по внешнему виду напоминает отмирающие деревья с желтой хвоей, хвоя других дерев

цев сохраняет зеленый цвет. В летние месяцы различия в окраске незаметны. Характерно, что экземпляры, хвоя которых имеет различную пигментацию, могут не отличаться по росту и другим морфологическим признакам, часто это рядом стоящие деревья, относящиеся к одному классу роста.

Анализ хвои показал, что пожелтение ее в зимне-весенний период связано с уменьшением количества хлорофилла. Явление потери хлорофилла вечнозелеными хвойными породами зимой неоднократно отмечено в литературе. Большинство исследователей считает, что количество хлорофилла в хвое начинает уменьшаться сразу же после окончания вегетационного периода и опускается до минимума к началу весны; максимум хлорофилла обычно отмечается в летний период [4]—[6], [8], [10].

Согласно Л. Ф. Правдину и К. Г. Щербине [6], в условиях Подмоскovie различие в содержании хлорофилла между зимним минимумом и летним максимумом выражается отношением 1:2. По данным А. Д. Тарабина [8], это соотношение достигает 1:4, а по С. А. Мамаеву [5], в условиях Среднего Урала различия не превышают 23—27%.

Сезонные изменения в концентрации хлорофилла Л. А. Иванов [2] рассматривал как приспособительную реакцию к улавливанию света. Л. Ф. Правдин и К. Г. Щербина [6], а также П. Крамер и Т. Козловский [3] основным фактором считают температуру воздуха, а П. А. Генкель и Е. А. Барская [1] — комплекс факторов (продолжительность дня, освещенность, температуру и др.). Различия в содержании хлорофилла, свойственные отдельным деревьям, обычно связываются с их наследственными особенностями [7], [9].

Мы изучали содержание хлорофилла в хвое 14-летних культур сосны, произрастающих на связнопесчаных почвах второй надпойменной террасы р. Боровки. Густота культур в период взятия образцов достигала 5700 шт./га (первоначальная 10 тыс. шт./га), средний диаметр — 6,0 см, высота — 5,2 м, сумма площадей сечения — 18,4 м²/га.

В конце зимы было отобрано по три экземпляра сосны, наиболее резко отличающихся по пигментации. Подобранные пары деревьев имели одинаковый рост и располагались недалеко друг от друга. Образцы хвои брали по возрастам в 4—5-й мутовке сверху с южной стороны кроны ежемесячно (с апреля по октябрь 1966 г., в феврале и апреле 1968 г.). Суммарное содержание хлорофилла в спиртовой вытяжке из воздушно сухой хвои определяли электрофотокolorиметром ФЭК-М.

Таблица 1

Год образования хвои	Содержание хлорофилла, мг в 1 г воздушно сухого материала								
	1966 г.						1968 г.		
	14. IV	16. V	15. VI	11. VII	12. VIII	17. IX	15. X	14. II	15. IV
Модели с желтой хвоей									
1963	2,10	1,85	3,45	3,88	5,06	3,62	3,90		
1964	1,88	1,91	2,73	3,41	4,57	3,15	3,28	2,90	3,37
1965	1,76	1,61	2,52	3,41	4,37	3,62	3,75	3,08	3,15
1966				3,91	5,37	4,10	3,30	3,10	4,37
1967								3,12	3,22
Среднее	1,91	1,79	2,90	3,65	4,84	3,62	3,56	3,05	3,53
Модели с зеленой хвоей									
1963	2,94	3,24	3,70	4,01	5,65	4,37	4,66		
1964	3,13	2,80	3,74	4,45	5,93	3,99	4,57	2,70	3,11
1965	2,55	2,62	3,65	5,16	5,86	4,50	5,27	3,59	3,57
1966				5,50	5,94	4,31	4,32	3,77	3,77
1967								3,30	3,62
Среднее	2,87	2,89	3,70	4,78	5,84	4,29	4,70	3,34	3,52

Как видно из табл. 1, количество хлорофилла в хвое минимально в апреле — мае. В течение лета оно значительно возрастает: к августу достигает максимума — 5,5—5,9 мг в 1 г хвои, что в 2—3 раза больше минимума.

С. А. Мамаев [5] отмечает, что двухлетняя хвоя сосны содержит значительно большее количество хлорофилла, чем однолетняя. По нашим данным, содержание хлорофилла в хвое мало зависит от возраста. Не исключено, что отмеченное С. А. Мамаевым более высокое содержание хлорофилла в двухлетней хвое связано не с возрастом хвои, а с метеорологическими особенностями в годы наблюдений.

Различия содержания хлорофилла в группах деревьев разной пигментации менее всего выражены в августе (10%). К весне группа деревьев, характеризующаяся пожелтением хвои, теряет до 63% хлорофилла, а в группе с зеленой хвоей эти потери не превышают 51%.

Приведенные материалы показывают, что как по содержанию хлорофилла, так и по окраске хвои деревья в посадках значительно варьируют. Не отрицая влияния метеофакторов на динамику хлорофилла, мы склонны считать, что интенсивное снижение пигментации, по-видимому, является также следствием серьезных нарушений в обмене веществ, которые могут быть вызваны разными причинами. Для условий Бузулукского бора наиболее вероятными отрицательными факторами являются дефицит почвенной влаги и ослабление деревьев сосновым подкорным клопом. Последний, питаясь продуктами фотосинтеза, значительно снижает количество углеводов, необходимых для образования хлорофилла [3]. В культурах сосны, заселенных подкорным клопом, часто можно наблюдать пожелтение хвои даже в летние месяцы.

О наличии связи между цветом хвои и физиологическим состоянием деревьев свидетельствует и тот факт, что из трех экземпляров сосен с желтой хвоей, отобранных нами для анализа, два начали суховершинить. Вместе с тем, улучшение метеорологических условий в 1967—1968 гг. не только приостановило процесс усыхания, но и позволило этим деревьям образовать в 1968 г. примерно такое же количество хлорофилла, как и у экземпляров с нормальной окраской хвои (табл. 1). Вывод о наличии связи между окраской хвои и состоянием деревьев подтверждают также данные табл. 2.

Таблица 2

Зимняя окраска хвои в 1966 г.	Процент деревьев в 1968 г.		Процент текущего прироста по диаметру за 1965—1968 гг. по ступеням толщины, см					
	суховершинных	усохших	3	4	5	6	7	8
Желтая	17,4	2,9	58,0	50,3	40,5	33,8	31,9	20,5
Зеленая	2,9	1,4	87,8	62,4	46,6	41,1	32,7	31,1

Материалы для этой таблицы получены в тех же культурах, состояние и рост которых наблюдали в 1966—1968 гг. — на 69 парах близких по размерам деревьев с желтой и зеленой окраской хвои. Выяснилось, что у деревьев со светлой зимней окраской хвои ниже энергия роста и значительнее выражены процессы усыхания и суховершинности. Исходя из этого, цвет хвои можно рассматривать как вполне достоверный диагностический показатель жизнестойкости растений, который целесообразно использовать для отбора деревьев в рубку при уходе за насаждениями. Назначать деревья в рубку целесообразно в конце зимы или ранней весной, когда различия в цвете хвои выражены наиболее четко.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. А. Генжель, Е. И. Барская. О сезонных изменениях хлоропластов ели. Журн. «Физиология растений», т. 7, вып. 6, 1960. [2]. Л. А. Иванов. Свет и влага в жизни наших древесных пород. Изд. АН СССР, М.—Л., 1946. [3]. П. Крамер, Т. Козловский. Физиология древесных растений. Гослесбумиздат, М., 1963. [4]. Г. Люндегорд. Влияние климата и почвы на жизнь растений. Сельхозгиз, 1937. [5]. С. А. Мамаев. Сезонная и возрастная динамика хлорофилла «а» и «b» в хвое сосны. Труды Института биологии УФАН СССР, вып. 43, 1965. [6]. Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного происхождения. Труды Института леса и древесины СО АН СССР, т. 5, 1961. [7]. Л. Ф. Правдин. Сосна обыкновенная. Изд-во «Наука», М., 1964. [8]. А. Д. Тарабрин. Динамика содержания хлорофилла в хвое сосны и ели в течение года. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968. [9]. Т. Г. Чубарян, Л. В. Кеворкова. Сезонное изменение окраски хвои в роде *Pinus* и динамика ее пигментного состава. Известия АН Армянской ССР (биологические науки), 15, 10, Ереван, 1962. [10]. Н. D. Gerchold. Seasonal variation of chloroplast pigments and Nutrient Elements in the needles of geographic of Scotch Pine. *Silvae genetica*, Bd. 8, N. 41, 1959.

УДК 634.0.453

К ЭКОЛОГИИ ТОЧЕЧНОЙ СМОЛЕВКИ

(*Pissodes notatus* F.)

О. Н. БУКЗЕЕВА

Ленинградское управление лесного хозяйства

Литературные сведения о поведении жуков смолевок крайне бедны и касаются, в основном, американских видов; данных о точечной смолевке мы не нашли. Поэтому нами были проведены некоторые наблюдения за суточным ритмом поведения точечной смолевки как в сосновых молодняках, так и в лабораторных условиях (опыты в термограде, светограде). С этой целью в очагах точечной смолевки выбирали несколько заселенных сосен и отмечали поведение жуков в течение суток. Одновременно измеряли температуру, относительную влажность, воздуха и освещенность в местах их обитания.

Наличие определенных требований вида к условиям среды (в частности, к температуре и влажности) обуславливает изменение ритма суточного поведения *Pissodes notatus* F. в разные сезоны года. Так, в третьей декаде мая, когда среднесуточная температура воздуха невысока и влажность воздуха повышена, жуки наиболее активны в дневные часы. В третьей декаде августа, когда среднесуточная температура воздуха повышается, а относительная влажность уменьшается, наибольшая активность наблюдается в утренние и вечерние часы.

Лабораторными опытами подтверждаются (с небольшими отклонениями) данные, полученные в природных условиях.

Температуру, предпочитаемую жуками в различные периоды их физиологической зрелости, определяли в термограде (табл. 1).

Таблица 1

Дата учета	Часы суток	Пределы предпочитаемых температур, °С	Диапазон предпочитаемых температур, °С	Периоды развития насекомых
13. V	7 13 18	9—29 27—30 10—29	20 3 19	Дополнительное питание после выхода из мест зимовок
28. V	7 13 18	11—28 26—31 12—29	17 5 17	Период яйцекладки
23. VII	7 13 18	9—12 9—12 9—12	3 3 3	Жуки, извлеченные из куколочных колыбелек
8. VIII	7 13 18	10—15 10—15 10—15	5 5 5	Молодые, только что вылетевшие жуки не приступившие к дополнительному питанию
28. VIII	7 13 18	10—25 25—28 9—25	15 3 16	Дополнительное питание

Как видно из таблицы, суточный ритм активности наиболее ясно выражен в период дополнительного питания жуков, когда диапазон температур в часы активности достигает 20° (9—29°С), а в часы покоя — 3° (27—30°С). В период яйцекладки

жуки в меньшей степени рассеиваются по желобу термограда. У только что вышедших из колыбелек и находящихся в колыбельках жуков суточный ритм совершенно отсутствовал — они находились в скученном состоянии. Такая же закономерность наблюдалась при определении в светограде предпочитаемой жуками освещенности в течение суток. По нашим наблюдениям, жуки точечной смолевки для яйцекладки выбирают деревья в освещенных насаждениях, по опушкам, куртинам, вырубкам.

Для выяснения связи между разреженностью молодняков и степенью заселения их точечной смолевкой были выставлены ловчие колья в различных станциях их обитания в начале мая 1962 г. Все колья проанализированы осенью того же года. Приводим описание этих станций и техники расстановки в них ловчих колеьев. В качестве ловчих колеьев были использованы 1,5-метровые стволы молодых сосен I класса возраста, которые закапывали на глубину 0,5 м.

I станция — сосновые культуры 6—8 лет в окнах взрослых сосновых насаждений, ЮС+Б(32), II класс бонитета. Густота культур 12—13 тыс. шт./га. Состояние хорошее. Ловчие колья расставлены на расстоянии 40 м друг от друга равномерно среди молодняков сосны.

II станция — сосновый подрост 5 лет. Опушка соснового насаждения, ЮС(25), IV класс бонитета. Густота подроста 5—6 тыс. шт./га. Состояние удовлетворительное. Ловчие колья расположены вдоль стены леса на границе с сосновым насаждением, расстояние между кольями 40 м.

III станция — 10—20 м от опушки (станция II) в глубь соснового насаждения. Таксационные показатели те же, что и для станции II. Густота подроста 5—6 тыс. шт./га. Состояние удовлетворительное. Ловчие колья находятся под пологом насаждений в 10 м от края просеки; расстояние между кольями 40 м.

IV станция — сосновые культуры 5 лет, посаженные осенью 1959 г. по вырубке дуба 1956 г. Тип леса — дубовые насаждения, главным образом I класса бонитета. Густота культур 8—10 тыс. шт./га. Состояние хорошее. Ловчие колья расставлены рядами через всю рубку, на расстоянии 40 × 40 м. Результаты наших наблюдений свидетельствуют о том, что степень заселения ловчих колеьев в густых молодняках сосны (12—13 тыс. шт./га) ниже, чем в разреженных (5—6 тыс. шт./га): 3,4 особи на один кол на станции I против 6,5 станции II и 10 станции IV. В разреженных молодняках ловчие колья заселяются в основном в подземной части (станции II, IV), в густых молодняках и под пологом леса — в надземной (станции I, III).

Мы наблюдали перелеты половозрелых и неполовозрелых жуков. Дальность их разлета из очагов в условиях Савальского лесхоза в 1961 г. определяли с помощью сосновых колеьев, расставленных в радиусе 10, 20, 30, 40, 50, 60 м от очага точечной смолевки, заселившей там до 50% деревьев. В середине августа того же года при анализе колеьев оказалось, что среднее количество особей точечной смолевки по мере удаления от очага снижалось и колья, расположенные в 50 м от края очага, оказались совершенно незаселенными.

Выводы

1. Весной и осенью, в периоды дополнительного и возобновительного питания точечной смолевки, наблюдается характерный ритм поведения, заключающийся в том, что весной в утренние (6.30—8.30) и вечерние (20.30—21.30) часы жуки более активны при температуре 10,5—19°C, относительной влажности 70—87% и освещенности 2000—8000 лк. Период активности у молодых жуков в конце лета наблюдается почти в течение всего дня, исключая полуденные часы (с 8.30 до 10.30 час. и с 14 до 19 час.), при температуре 16,5—22°C, относительной влажности 66—89% и освещенности 3000—5000 лк. Температура — доминирующий фактор в экологии точечной смолевки; в тесной координации с температурой находится относительная влажность и освещенность воздуха.

2. Наибольшая амплитуда колебания предпочитаемых жуками температур в термограде (15—20°C) отмечается в их активные часы; в периоды покоя она наименьшая (3—5°C).

3. В активные часы жуки рассеяны под стеклами светограда, а в часы покоя более скучены и сосредоточены под темными стеклами.

4. Точечная смолевка предпочитает заселять молодняки сосны с низкой густотой стояния (5—6 тыс. шт./га) и в меньшей степени сосновые насаждения, непосредственно граничащие с березовыми.

5. Дальность расселения имаго точечной смолевки из ее очагов за один сезон не превышает 40 м.

6. Указанные особенности экологии точечной смолевки следует учитывать при организации лесохозяйственных и химических мер борьбы.

УДК 631.524

ЭВКОММИЯ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ

В. Ф. ДЕНЧИК

Центральный республиканский ботанический сад АН УССР

Литературные данные об использовании эвкоммии вязолистной в лесных культурах немногочисленны [10], [6], [1], [8], [11], [4].

Попытки выращивать эвкоммию в лесных культурах относятся к южным районам страны. Авторы отмечают, что семена для посева на Украине были получены из Крымского опорного пункта, Сочинского дендрария [6], семена из Адлера [1] и т. д. Но даже в этом случае семена оказались более устойчивыми против низких температур, чем семена многих аборигенных пород.

Теперь, когда на Украине появились местные семена, вопрос о разведении эвкоммии приобретает еще большее значение. Можно смело утверждать, что в условиях Винницкой, Киевской и некоторых других областей Украины есть полная возможность разведения эвкоммии в производственных масштабах.

Качество посадочного материала оказывает огромное влияние на приживаемость и рост эвкоммии. По свидетельству Х. М. Исаченко [7], с увеличением диаметра стволика у корневой шейки, при одной и той же высоте сеянца, повышается качество боковых корней первого и последующих порядков. Таким образом, качество сеянцев наиболее полно характеризуется отношением диаметра сеянца у корневой шейки к высоте сеянца. Это отношение Х. М. Исаченко назвал «показателем качества». Хотя этот показатель в силу ряда причин не нашел применения в действующих стандартах, все же он определяет качество сеянцев вообще, их приживаемость и дальнейший рост.

Как утверждает В. М. Ровский [9], диаметр стволика у корневой шейки может быть весьма надежным и в то же время наиболее легко определяемым показателем степени развития надземной части и корневой системы сеянцев эвкоммии. Корреляция между общим развитием и толщиной стволика у корневой шейки достаточно надежно проявляется независимо от условий выращивания растений (почвы, срока посева, густоты стояния, светового режима и т. д.). Толщина стволика сеянцев эвкоммии — надежный показатель способности их к приживанию. Так, приживаемость сеянцев с диаметром 4 мм у корневой шейки, независимо от высоты, составляла 40% и ниже; 5—6 мм при обычном уходе — 60% и более. Поэтому слабо развитые сеянцы (тоньше 5 мм) целесообразно использовать для посадки на постоянное место, а лучше их посадить на год в школку и, обеспечив им надлежащий уход, получить крупномерный и жизнеспособный посадочный материал.

Эвкоммия вязолистная найдет применение не только как декоративная порода в садах, парках и на улицах, но и в лесном хозяйстве. Она может быть использована как сопутствующая порода в смеси с дубом, ясенем, гледичией, акацией белой, орехом, pekanom и некоторыми другими. Эвкоммия с успехом может выполнять роль подгона. В насаждениях она образует гонкий ствол, хорошо очищается от сучьев [9]. По строению древесины эвкоммия вязолистная относится к заболонным рассеянопоровым породам. По данным С. И. Ванина [2], [3], древесина эвкоммии обладает высокими физико-механическими свойствами, приближаясь к таким породам, как граб, ясень, клен, и может быть употреблена в изделиях, требующих древесины с высокими механическими свойствами. Древесина эвкоммии, предварительно пропитанная различными красителями, хорошо полируется и может быть использована для отделочных и инкрустационных работ [5]. Средний объемный вес древесины при 15%-ной влажности равен 0,656. По объемному весу древесина эвкоммии относится к классу умеренно тяжелых пород, таких, как боярышник, береза обыкновенная и желтая, бук, граб, ильм, клен полевой, клен явор и др.

В настоящее время в Центральном республиканском ботаническом саду АН УССР в Киеве растения эвкоммии посадки 1948 г. в количестве 91 экземпляра достигли максимальной высоты 8 м (средний 7,5 м) и диаметра ствола у корня 15 см. Многие из них впервые дали плоды в возрасте 7 лет и с той поры плодоносят ежегодно. Если в первые два года плоды образовывались только в верхней части кроны, то в последующем они были и в средней части, но совершенно отсутствовали в нижней. Осыпавшиеся в перекопанную почву плоды весной дают хороший, жизнеспособный самосев. Растения посадки 1951 г. в количестве 136 экземпляров достигли максимальной высоты 6 м (средняя 5,6 м) и диаметра у корня 10 см. Одно дерево

впервые заплодоносило в 6 лет, причем 25 плодиков было только на одной веточке в верхней части кроны. В последующие годы количество плодов увеличивалось, и уже в 1965 г. их было много и на других экземплярах. Культуры 1953 г. в количестве 197 экземпляров достигли максимальной высоты 7 м (средняя 6 м) и диаметра ствола у корня 8 см, впервые заплодоносили в возрасте 7 лет. Растения эвкоммии посадки 1956 г. в количестве 13 экземпляров имеют максимальную высоту 5,5 м (средняя 4,3 м) и диаметр ствола у корня 11 см; впервые заплодоносили в возрасте 8 лет.

Возможность получения семян эвкоммии вязолистной местной репродукции открывает перспективы более полной акклиматизации ее на Украине, а также всестороннего использования для нужд народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Баранов. Выращивание эвкоммии в Винницкой области. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1952. [2]. С. И. Ванян. Анатомическое строение и физико-механические свойства древесины эвкоммии. Журн. «Советская ботаника» № 1, 1940. [3]. С. И. Ванян. Древесиноведение. М.—Л., 1949. [4]. А. С. Гукасьян. Опыты выращивания эвкоммии на юге Казахстана. Бюллетень Всесоюзного НИИ чая и субтропических культур, № 1, 1951. [5]. Б. Н. Замятин. Эвкоммия вязолистная. Деревья и кустарники СССР, т. 3, М.—Л., 1954. [6]. П. Е. Иванченко. Эвкоммия на Кубани. Журн. «Лес и степь» № 1, 1952. [7]. Х. М. Исаченко. Стандартизация посадочного материала. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1941. [8]. Ю. Некрасов. Разведение эвкоммии в Киевской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1953. [9]. В. М. Ровский. Эвкоммия в Средней Азии. Ташкент, 1961. [10]. А. И. Сидоров. Выращивание эвкоммии в Курганинском лесхозе. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1953. [11]. И. Е. Чугунов. Опыт культуры эвкоммии. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1953.

УДК 634.02

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОВОГО ПОДЛЕСКА С ВОЗРАСТОМ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ РАЗНЫХ ПОЛНОТАХ

Ш. С. СЕФИХАНОВ

ВНИИЛМ

Учитывая большую хозяйственную ценность плодового подлеска, мы исследовали зависимость количества плодовых кустов (кизила и мушмулы) на 1 га и средней урожайности одного куста с изменением возраста насаждения и его полноты.

Для этого по лесоустроительным отчетам в Касумкентском лесхозе Дагестанской АССР выбирали насаждения разных возрастов и полнот, с наличием и преобладанием плодового подлеска, и в наиболее типичных маршрутным методом заложили 53 пробные площади размерами 20 × 25 м, где определили количество плодовых кустов кизила и мушмулы в переводе на 1 га, а в период формирования плодов также среднюю урожайность с одного куста (путем сбора и взвешивания на 21 пробе). Хотя применяемый метод сплошного подеревного сбора плодов на пробных площадях трудоемок, но он наиболее точен. Средняя урожайность одного куста плодово-подлесочных пород зависит от многих факторов, которые необходимо учитывать при перспективном планировании.

Исследуемые участки в основном расположены на северных, северо-западных и северо-восточных склонах крутизной 15—25°, на высоте от 400 до 1700 м над уровнем моря. Характерно, что на южных склонах плодовой подлесок не встречается, ввиду сухости климата и наличия смытых почв. В подавляющем большинстве случаев почвы: представлены горнолесными каменистыми суглинками.

Рассматриваемые насаждения представлены дубравами, бучинами или грусами типов D₀, D₁, D₂ и C₂, чистыми или чаще смешанными при различном соотношении указанных лесообразующих пород; преобладающие классы бонитета III—V. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Сравнивая данные исследования (уменьшение числа плодовых кустов с повышением возраста насаждения и его полноты), можно высказать мнение, что кизил — более светолюбивая порода, чем мушмула. Учитывая это, лесовод может правильно оценить оптимальную полноту материнского полога, способствующую лучшему развитию той или другой подлесочной породы.

Изучение особенностей распространения и динамики изменения плодового подлеска с возрастом насаждений при разных полнотах дает возможность сделать следующие предварительные выводы.

Таблица 1

Классы возраста насажде- ний	Количество учетных плодовых кустов на 1 га. шт. (числитель), и средняя урожайность одного куста, кг (знаменатель)									
	кизила при полнотах					мушмулы при полнотах				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
I	$\frac{310}{3,5}$	$\frac{250}{2,2}$	$\frac{230}{1,2}$	$\frac{150}{0,5}$	$\frac{40}{—}$	$\frac{350}{4,1}$	$\frac{310}{2,4}$	$\frac{250}{1,3}$	$\frac{240}{0,6}$	$\frac{190}{—}$
II	$\frac{260}{2,3}$	$\frac{210}{1,1}$	$\frac{180}{0,6}$	$\frac{90}{—}$	Ед.	$\frac{340}{2,6}$	$\frac{270}{1,3}$	$\frac{230}{0,5}$	$\frac{210}{—}$	$\frac{160}{—}$
III	$\frac{220}{1,6}$	$\frac{170}{0,4}$	$\frac{130}{—}$	$\frac{30}{—}$	—	$\frac{320}{2,1}$	$\frac{210}{0,6}$	$\frac{190}{—}$	$\frac{170}{—}$	$\frac{90}{—}$
IV	$\frac{150}{0,7}$	$\frac{80}{—}$	$\frac{40}{—}$	Ед.	—	$\frac{290}{1,3}$	$\frac{180}{—}$	$\frac{160}{—}$	$\frac{140}{—}$	$\frac{40}{—}$
V	$\frac{110}{—}$	Ед.	Ед.	—	—	$\frac{230}{0,4}$	$\frac{140}{—}$	$\frac{90}{—}$	$\frac{60}{—}$	Ед.
VI	Ед.	—	—	—	—	$\frac{150}{—}$	$\frac{70}{—}$	Ед.	Ед.	—
VII	—	—	—	—	—	$\frac{80}{—}$	Ед.	—	—	—

1. Насаждения при наличии плодовых кустов до 250—300 шт. на 1 га в возрасте до 10 лет, при полнотах 0,4—0,6 целесообразно реконструировать в лесосады кизила и мушмулы, так как такие насаждения могут быть весьма перспективны.

2. В 10—20-летние насаждения полнотой 0,4—0,6 следует вводить кизил под полог. Мушмулу лучше культивировать в 10—30-летних насаждениях полнотой 0,4—0,6. Это предположение требует дополнительных исследований и практического обоснования.

3. В 20—30-летних насаждениях при наличии плодового подлеска целесообразны простейшие лесохозяйственные мероприятия — удаление валежника и сухостоя, прореживание, уход за отдельными кустами (осветление подлеска, рыхление приствольных кругов, посадка на пень старых кустов, обрезка кроны и др.).

Перевод в лесосады малополнотных молодых насаждений с преобладанием плодового подлеска экономически оправдывается. Так, в 1968 г. такое мероприятие проведено на площади 5 га. При этом с 1 га заготовлено 12 м³ дров и 15 м³ хвороста; затрачено средств 46,5 руб.; от сбыта лесопродукции получено 53,4 руб. Затраты на перевод малополнотных молодых насаждений в лесосады полностью окупаются суммой от реализации заготовленной при этом древесины.

Касумкентский лесхоз в 1969 г. заготовил с облагороженной площади 9,8 т кизила, а от реализации плодов получил прибыли 490 руб.

Опыт нашей работы показывает, что организация хозяйства на плодово-подлесочные породы таит большие возможности, но требует максимального внимания и кропотливого изучения этого вопроса.

УДК 631.8

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕТЕРОАУКСИНА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО К ПОСАДКЕ*

А. С. ЯКОВЛЕВ

Марийский политехнический институт

Обработка семян и саженцев дуба и других пород растворами гетероауксина положительно влияет на приживаемость и рост растений, особенно корневой систе-

* Опытные работы выполнены под руководством канд. сельскохозяйственных наук, доцента Г. К. Незабудкина.

Способ обработки семян перед посадкой	Высота однолетних сеянцев в момент посадки, см	1-й год роста (1965)
1. Контроль (без обработки)	15,6 ± 0,10	$\frac{4,70 \pm 0,27}{100}$
2. Выдерживание корневой системы сеянцев в воде 24 часа перед посадкой	15,8 ± 0,10	$\frac{4,12 \pm 0,28}{88}$
3. Обработка водным 0,001%-ным раствором гетероауксина в течение 24 час перед посадкой	15,5 ± 0,10	$\frac{5,10 \pm 0,35}{108}$
4. Обмакивание корневой системы в жижу, приготовленную из торфо-навозного компоста	15,6 ± 0,09	$\frac{5,34 \pm 0,37}{112}$
5. Обмакивание корневой системы в жижу торфо-навозного компоста, приготовленного на 0,001%-ном водном растворе гетероауксина	15,6 ± 0,09	$\frac{6,70 \pm 0,42}{142}$
6. Выдерживание корневой системы в жиже торфо-навозного компоста, приготовленного на 0,001%-ном водном растворе гетероауксина в течение 24 час	15,6 ± 0,10	$\frac{7,68 \pm 0,48}{163}$

Таблица 2

1 — Вес воздушно сухой массы 2-летних дубков, г (средний для пяти модельных дубков)	Величина показателей по вариантам					
	1	2	3	4	5	6
До посадки (сеянцы)						
общий вес растения	5,06	5,11	5,38	5,12	5,02	5,19
вес корней						
всех	4,26	4,38	4,56	4,41	4,44	4,45
мелких I мм	0,45	0,32	0,48	0,49	0,58	0,55
вес надземной части	0,80	0,73	0,82	0,71	0,75	0,74
отношение веса корней к весу надземной части	5,3:1	5,9:1	5,7:1	6,2:1	5,9:1	5,9:1
Первый год роста (1965 г.)						
общий вес растения	$\frac{10,10}{100}$	$\frac{11,50}{114}$	$\frac{13,50}{134}$	$\frac{12,47}{123}$	$\frac{15,10}{149}$	$\frac{16,27}{161}$
вес корней						
всех	$\frac{8,1}{100}$	$\frac{8,8}{108}$	$\frac{11,45}{142}$	$\frac{10,05}{126}$	$\frac{12,42}{154}$	$\frac{13,35}{162}$
в том числе мелких	1,69	1,42	2,10	3,09	3,98	4,14
первоначальной длины	$\frac{6,10}{100}$	$\frac{8,07}{131}$	$\frac{8,90}{149}$	$\frac{8,62}{141}$	$\frac{9,13}{149}$	$\frac{8,75}{144}$
в том числе мелких	0,96	1,12	0,90	2,18	2,68	2,72
повообразовавшихся от места среза	$\frac{2,00}{100}$	$\frac{0,73}{119}$	$\frac{2,55}{127}$	$\frac{1,43}{71,9}$	$\frac{3,30}{165}$	$\frac{3,60}{180}$
в том числе мелких	0,73	0,20	1,30	0,91	1,35	1,42
вес надземной части без листьев	$\frac{2,00}{100}$	$\frac{2,70}{135}$	$\frac{2,05}{103}$	$\frac{2,42}{121}$	$\frac{2,68}{134}$	$\frac{2,92}{146}$
отношение веса корней к весу надземной части	4,0:1	4,3:1	5,7:1	4,2:1	4,7:1	4,6:1

Примечание. В знаменателе даны значения в процентах к контрольным.

Таблица 1

Прирост в высоту, см/% к контролю				Высота 6-летних дубков, см
2-й год роста (1966)	3-й год роста (1967)	4-й год роста (1968)	5-й год роста (1969)	
$\frac{24,3 \pm 1,10}{100}$	$\frac{24,8 \pm 0,87}{100}$	$\frac{21,7 \pm 0,97}{100}$	$\frac{34,6 \pm 1,45}{100}$	116,8 ± 2,63
$\frac{24,0 \pm 1,17}{99}$	$\frac{23,3 \pm 0,93}{94}$	$\frac{22,0 \pm 0,88}{101}$	$\frac{33,5 \pm 1,00}{97}$	118,8 ± 3,30
$\frac{25,2 \pm 1,03}{103}$	$\frac{26,4 \pm 0,88}{106}$	$\frac{23,4 \pm 1,20}{108}$	$\frac{35,8 \pm 1,90}{104}$	123,5 ± 2,45
$\frac{23,0 \pm 1,00}{95}$	$\frac{27,2 \pm 1,42}{110,0}$	$\frac{24,1 \pm 0,90}{111}$	$\frac{36,0 \pm 1,44}{104}$	121,8 ± 2,63
$\frac{26,3 \pm 0,99}{108}$	$\frac{28,8 \pm 0,88}{116}$	$\frac{26,5 \pm 0,86}{122}$	$\frac{38,2 \pm 1,42}{111}$	126,8 ± 2,85
$\frac{27,0 \pm 0,90}{111}$	$\frac{29,0 \pm 1,07}{117}$	$\frac{26,7 \pm 1,50}{123}$	$\frac{41,2 \pm 1,77}{122}$	126,3 ± 2,57

мы, как об этом свидетельствуют проведенные многими авторами [1]—[9] исследования. Однако способы применения гетероауксина испытаны еще недостаточно.

Наши полевые опыты с обработкой корневой системы семян дуба гетероауксином поставлены весной 1965 г. и в 1966—1967 гг. в учебно-опытном лесхозе Марийского политехнического института на участке школьного отделения питомника и на лесокультурной площади с посадкой 4,0 тыс. растений по вариантам, указанным в табл. 1. В настоящей статье приведены данные опытной посадки однолетних семян с корнем длиной 25 см в школьном отделении питомника.

Почва на участке свежая дерново-среднеподзолистая суглинистая на песках. На участке до закладки опыта был посев многолетнего люпина и последующее его оставление в течение двух лет. Обработка почвы сплошная. Уход за сеянцами заключался в ежегодной двукратной прополке сорняков и одновременном рыхлении почвы.

Весна в год посадки (1965 г.) оказалась прохладной и влажной. Первая декада июня была также прохладной, но почти без осадков. В остальные дни июня и июля выпало 102,8 мм осадков, или 92,5% от среднего многолетнего, а влажность воздуха менее 30% была в течение 9 дней. Такие погодные условия в период приживания обычные для растений дуба в данной лесорастительной зоне.

Предпосадочная обработка гетероауксином корневой системы семян уже в первый год их роста в культурах обусловила более раннее начало роста саженцев. Так, через 25 дней после посадки (10 июня) в вариантах опыта с обработкой число растений, начавших рост, оказалось на 6—8% больше, чем у контрольных.

Ранняя вегетация таких саженцев наблюдалась и в последующие годы. Например, на четвертый год по учету 28 мая количество саженцев, начавших рост, составляло 16—23%. Однако такие растения оказались неустойчивыми к поздним весенним заморозкам. Приживаемость и сохранность растений дуба, обработанных гетероауксином, была на 7—8% выше, чем в контроле.

Результаты взвешивания моделей с выкопанными корнями показали, что применение гетероауксина вызвало изменение в весе самих растений (табл. 2). Наиболее эффективна обработка корневой системы торфо-навозной жижей с 0,001%-ным раствором гетероауксина: общий вес саженцев в 1,5 раза превышает общий вес контрольных. Вес корневых систем саженцев увеличился в результате образования как дополнительных вертикальных, так и многочисленных мелких корней (толщиной до 1,0 мм). У обработанных гетероауксином семян корни лучше ветвятся, создавая более мочковатую сеть тонких корешков. Это, в свою очередь, способствовало увеличению роста надземной части (на 34—46% по сравнению с контролем). В то же время намачивание корневой системы семян в водном 0,001%-ном растворе гетероауксина незначительно влияло на увеличение веса надземной части.

Обработка гетероауксином корневой системы семян дуба вызвала увеличение прироста в высоту (табл. 1), особенно при обмакивании и выдерживании корней в жиже торфо-навозного компоста, приготовленной на 0,001%-ном водном рас-

творе гетероауксина как в первый год после посадки (на 42—63%), так и в последующие четыре года (в среднем на 10—23%). Намачивание корневой системы сеянцев водным 0,001%-ным раствором гетероауксина также несколько улучшило прирост в высоту.

Общий рост обработанных растений дуба увеличился в основном в результате усиленного роста текущего первого прироста побегов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. А. Гузеева, К. К. Полуяхтов. Влияние стимуляторов роста на саженцы дуба в условиях юга Горьковской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1965. [2]. М. Д. Данилов. Влияние гиббереллина и гетероауксина на рост побегов и образование корней у черенков тополя бальзамического. Сб. «Гиббереллины и их действие на растения», изд-во АН СССР, 1963. [3]. Г. В. Дубинин. Влияние минеральных удобрений и калийной соли гетероауксина на рост коридорной культуры дуба на серой лесной почве Винницкой области. Научные труды Украинской сельскохозяйственной академии № 3, 16, 1960. [4]. Г. В. Дубинин. Коридорные и предварительные культуры дуба черешчатого в грабняхках Винницкой области Украинской ССР. Автореферат, 1963. [5]. Н. В. Еремин. Опыт применения гетероауксина при подготовке сеянцев ели обыкновенной (*Picea excelsa*) к посадке. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1967. [6]. Л. Г. Устиновская, Г. В. Галенко, А. Н. Кудлай. Опыт применения стимуляторов роста при создании лесных культур. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1955. [7]. Т. А. Ханова. Влияние ростовых веществ на восстановление корневой системы сеянцев древесных пород после пересадки. Записки Харьковского сельскохозяйственного института, т. X, 1955. [8]. Т. А. Ханова. Влияние различных доз гетероауксина на восстановление корневой системы сеянцев древесных пород. Записки Харьковского сельскохозяйственного института, т. XVI, 1957. [9]. Ю. О. Двалькис. Применение гиббереллина и других стимуляторов роста для ускорения роста деревьев липы мелколистной и дуба черешчатого. Автореферат, 1965.

УДК 634.0.232

ИСКУССТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ НА ВЫРУБКАХ В ДУБНЯКАХ

В. М. БОРИСОВ

Вязовский учебно-опытный лесхоз Саратовского СХИ

В Саратовской области 69% покрытой лесом площади занимают дубовые низкоствольники. Лесовосстановительные рубки сплошными лесосеками 100-метровой ширины способствуют порослевому возобновлению дуба летнего. При этом очень часто происходит нежелательная смена пород, снижается товарность и продуктивность древостоев, а иногда и защитные свойства леса.

Поэтому с 1959 г. в Вязовском учебно-опытном лесхозе сотрудники кафедры лесоводства и лесной таксации Саратовского СХИ с участием автора проводили в опытно-производственном порядке группово-выборочные, постепенные и сплошнолесосечные рубки*.

Обследование естественного семенного возобновления в нагорных дубовых низкоствольниках показало, что самосева и подроста дуба летнего нет, как правило, из-за очень редкой повторяемости семенных лет. Кроме того, почва во всех типах леса очень сильно иссушена, естественное семенное возобновление возможно только в коренных типах леса, в данном случае в дубняках волосисто-осоковым и снытьевом. Поэтому группово-выборочные рубки проводили с равномерным расположением окон, постепенные — в два и три приема. Для контроля вырубали обычные сплошные лесосеки 100-метровой ширины, а также 50, 32 и 16 м, то есть шириной, равной тройной, двойной и одинарной высоте окружающего древостоя.

Опытный участок заложен в квартале 12 Корсаковского лесничества на площади 100 га. Исследовано 13 вариантов рубок. Все вырубки ориентированы длинной стороной с востока на запад для меньшего иссушения почвы и защиты молодого поколения леса от неблагоприятных условий внешней среды. Средний возраст древостоя во всех вариантах 55 лет, средняя высота 15 м, средняя полнота 0,95.

Подлесок средней густоты представлен бересклетом бородавчатым, кленом татарским и липой мелколистной. Травяной покров под пологом леса развит слабо

* Методическое руководство осуществляла доц. З. И. Акамова.

имели вторые побеги в количестве 47,6% и в 1969 г. — 58,3%. Приживаемость дубков, выселенных весной 1968 г., составила 74,5—89,7%, а сохранность в 1969 г. — 68,1—86,8%.

Всходы дуба летнего появляются раньше в окнах группово-выборочных рубок небольших размеров и затем на сплошных вырубках 100-метровой ширины и больших лесных полянах, где почва прогревается очень быстро; позднее всего на лесосеках постепенных рубок, что неблагоприятно сказывается на росте молодых дубков.

Появление всходов и их количество не зависят от вида вырубок и категории желудей, а связано лишь с нормой высева. Только при постепенных и группово-выборочных рубках с окнами диаметром 16 м, при которых появление всходов растягивается на очень длинный период, загнивает, по нашим данным, 35—44% от числа посеянных желудей. Динамика появления всходов дуба в эллиптическом окне 16×32 м. посеянного желудями (по 10 шт. на 1 пог. м), обработанными микроэлементами 20—22 апреля 1967 г., приведена в табл. 3.

Таблица 3

Микроэлементы	Количество всходов на 1 пог. м						
	26. V	3. VI	9. VI	17. VI	1. X		
					1967 г.	1968 г.	1969 г.
Контроль	Ед.	1,6	3,6	4,0	3,0	2,8	2,4
Борная кислота	"	1,1	3,5	4,0	3,9	3,6	3,3
Сернистый марганец	"	1,9	5,5	6,0	4,9	4,5	3,9
цинк	"	1,9	6,0	7,0	5,1	4,7	4,2

Таким образом, намачивание желудей в растворах микроэлементов повышает их всхожесть на 50—75%. Особенно благотворное влияние оказывают сернистый марганец и марганец.

При посеве желудей в борозды в течение первого вегетационного периода появляется и сохраняется в 1,5—2 раза больше всходов, чем при посеве в неподготовленную почву. На необработанной задернелой лесной поляне всхожесть в 2—3 раза ниже, чем в бороздах, и в 3—6 раз ниже, чем на вырубках.

В первый год культуры дуба летнего не требуют ухода за почвой, во второй год необходимо провести 2—3 ухода культиватором КЛБ-1,7 и 2—3 вручную в бороздах; в последующем — по 2—3 ухода в год до смыкания культуры.

Таблица 4

Микроэлементы	Высота дубков, см						
	на сплошных вырубках шириной, м			в окнах группово-выборочных рубок размерами, м			на лесной поляне
	100	32	16	16×32	32×50	50×50	

Посев по бороздам, желуди средних размеров

Контроль	30,9	53,3	41,3	33,5	51,9	40,9	30,4
Сернистый марганец	41,7	64,8	45,4	40,7	71,6	—	—
Борная кислота	34,9	55,2	44,8	42,1	54,4	—	—
цинк	40,4	60,5	43,2	39,8	62,8	—	—

Посев без борозд, желуди средних размеров

Контроль	26,7	44,3	38,8	33,8	47,3	40,1	21,3
Сернистый марганец	—	—	—	46,6	50,5	—	—
Борная кислота	—	—	—	41,9	51,4	—	—
цинк	—	—	—	34,4	58,7	—	—

Посев по бороздам, желуди крупные

Сернистый марганец	46,2	72,5	52,2	46,1	80,9	—	—
--------------------	------	------	------	------	------	---	---

Посев без борозд, желуди мелкие

Борная кислота	—	—	—	30,2	—	—	—
Сернистый марганец	—	—	—	35,7	—	—	—

Таким образом, лучше всего дубки растут в окнах группово-выборочных рубок 32×50 м и на вырубках узколесосечных рубок шириной 32 и 16 м, хуже на лесной поляне и на сплошной вырубке 100-метровой ширины.

Подготовка почвы бороздами способствует лучшему росту семенных дубков. Особенно наглядно это проявляется на лесной поляне, где высота дубков по бороздам составляет 30 см, а по неподготовленной почве 21 см. Предпосевная обработка желудей микроэлементами в течение 12 час способствует лучшему росту дубков. Самое благоприятное влияние оказывают сернокислые цинк и марганец.

Наши наблюдения, кроме того, показывают, что почвы на вырубках группово-выборочных, постепенных и узколесосечных рубок 16—32-метровой ширины в дубняках волосисто-осоковым и снытьевом необходимо уменьшить ширину лесосек до 25—35 м или провести группово-выборочные рубки с прямоугольными окнами 32×50 м. Это позволит заменить порослевые насаждения семенно-порослевыми или семенными. Состав регулируется при рубках ухода за лесом.

Таким образом, в нагорных порослевых дубравах в коренных типах леса дубняках волосисто-осоковым и снытьевом необходимо уменьшить ширину лесосек до 25—35 м или провести группово-выборочные рубки с прямоугольными окнами 32×50 м. Это позволит заменить порослевые насаждения семенно-порослевыми или семенными. Состав регулируется при рубках ухода за лесом.

Семенные дубки на этих вырубках растут в 1,5—2 раза быстрее, чем на общепринятых в Саратовской области 100-метровых вырубках, что позволяет сократить срок выращивания нового семенного и более высокопродуктивного древостоя.

Технология создания высокопродуктивных насаждений дуба летнего в коренных типах леса заключается в следующем.

1. Удаление материнского древостоя с помощью узколесосечных сплошных рубок шириной 25—35 м или группово-выборочных рубок с окнами прямоугольной формы 32×50 м.

2. Нарезка борозд плугом ПКЛ-70 через 2,5—3,0 м.

3. Калибровка желудей и их намачивание в растворе сернокислого цинка концентрации 0,006% в течение 12 час.

4. Посев желудей дуба летнего по бороздам лесопосадочными машинами ЛМД-1 и СБН-1 на глубину 8—10 см.

5. Своевременный уход за почвой (при появлении сорной растительности) и за составом (при опасности заглушения семенного дуба порослевым и спутниками дуба — осиной, липой мелколистной и др.).

УДК 634.0.378

О КАЧЕНИИ БРЕВЕН ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ В ВОДЕ

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для проектирования сортировочных механизмов, использующих поперечное подводное движение бревен по направляющим, важно знать положение * их по отношению к горизонту, когда вертикальные составляющие скоростей качения и свободного всплывания становятся равными, и скорость качения, при которой бревно может катиться над направляющими, не отрываясь от них силой запаса плавучести.

Первый вопрос можно решить, используя равенство (рис. 1),

$$V_{c.b} = V_k \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где $V_{c.b}$ — вертикальная скорость свободного всплывания,

$$V_{c.b} = \sqrt{\frac{\pi d g}{2 C_x} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}; \quad (2)$$

V_k — поступательная скорость качения или равная ей линейная скорость точек поверхности бревна,

$$V_k = \sqrt{\frac{d \cdot g \left(\sin \alpha - \frac{2k}{d} \cos \alpha\right)}{2 \left(\frac{4k}{d} - \frac{C_f'}{\pi}\right)}} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right). \quad (3)$$

* Помимо положений, исследованных в [1].

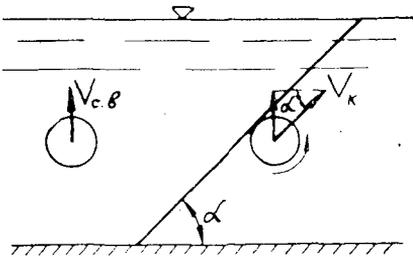


Рис. 1.

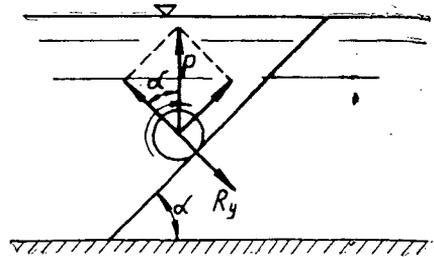


Рис. 2.

В этих формулах d — средний диаметр бревна;
 α — угол наклона направляющих к горизонту;
 C_x — коэффициент лобового сопротивления свободному всплыванию бревна ($C_x = 1,43$);

$$C'_f = C_f (\pi + 3\sqrt{3});$$

C_f — коэффициент гидравлического трения поверхности бревна ($C_f = 0,01$);

γ — объемный вес бревна;

γ_0 — удельный вес воды;

k — коэффициент трения качения бревна по направляющим в воде.

Обозначив $\mu = \frac{2k}{d}$, $\nu = \frac{\pi}{C_x} \cdot \left(\frac{4k}{d} - \frac{C'_f}{\pi} \right)$, $x = \sin \alpha$, после преобразования зависимости (1) получим уравнение

$$(1 + \mu^2) \cdot x^6 - \mu^2 \cdot x^4 - 2\nu \cdot x^3 + \nu^2 = 0. \quad (4)$$

Второй вопрос решается из условия предельного равновесия (рис. 2)

$$R_y = P \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где P — сила запаса плавучести,

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \cdot (\gamma_0 - \gamma);$$

R_y — подъемная сила Жуковского,

$$R_y = C_y \cdot \gamma_0 \cdot d \cdot l \cdot \frac{V_k^2}{2g},$$

здесь C_y — коэффициент подъемной силы Жуковского;
 l — длина бревна.

После некоторых преобразований получим

$$V_k = \sqrt{\frac{\pi \cdot d \cdot g}{2 \cdot C_y} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0} \right) \cdot \cos \alpha}. \quad (6)$$

В случае, когда направляющие горизонтальны,

$$V_k = \sqrt{\frac{\pi \cdot d \cdot g}{2 \cdot C_y} \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0} \right)}. \quad (7)$$

Установим зависимость для угла наклона направляющих, при котором всплывающие с качением бревна приобретают под направляющими скорость, необходимую для безотрывного качения над направляющими с тем же углом наклона к горизонту. Для этого приравниваем скорость качения (6) и скорость всплывания с качением (3).

После преобразований получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu + \eta, \quad (8)$$

$$\text{где } \eta = \frac{\pi}{C_y} \left(2\mu - \frac{C'_f}{\pi} \right).$$

Применяя этот же прием, можно определить и скорость, необходимую для безотрывного качения бревна над горизонтальными направляющими. Приравнивая правые части зависимостей (7) и (3), после преобразований получим уравнение

$$(1 + \mu^2) \cdot x^2 - 2\eta \cdot x + \eta^2 - \mu^2 = 0. \quad (9)$$

Из уравнения (9) определится угол наклона направляющих, при качении под которыми бревно будет иметь скорость, достаточную для безотрывного качения над горизонтальными направляющими.

Можно определить угол наклона направляющих α , при котором скорость всплытия будет достаточной для безотрывного качения над направляющими с заданным углом наклона β к горизонту.

Расчетная формула в этом общем случае имеет вид

$$\sin \alpha = \frac{\eta \cdot \cos \beta + \mu \sqrt{1 - \eta^2 \cdot \cos^2 \beta + \mu^2}}{1 + \mu^2}. \quad (10)$$

Анализируя результаты исследований движения бревен под водой, можно указать ряд замечательных положений направляющих по отношению к горизонту (рис. 3): 1-е положение определяет минимальный угол, при котором возможно всплытие с качением, $\alpha_1 = \arctg \mu$; 2-е — равенство поступательной скорости качения и вертикальной составляющей скорости свободного всплытия $\alpha_2 = \arcsin \nu$; 3-е — α_3 — скорость всплытия бревен с качением под направляющими, достаточную для безотрывного качения того же бревна над направляющими, расположенными под таким же углом наклона к горизонту — зависимость (8); 4-е — α_4 — то же для безотрывного качения того же бревна над горизонтальными направляющими — уравнение (9); 5-е — α_5 — равенство вертикальных составляющих скоростей свободного всплытия и качения — уравнение (4); 6-е положение соответствует максимальному значению нормальной силы, действующей на направляющие от всплывающего бревна с качением [1],

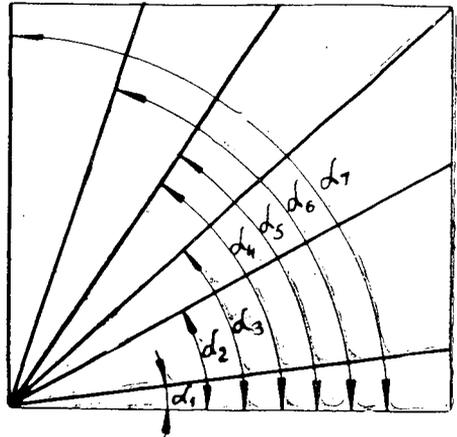


Рис. 3.

$\alpha_1 = 7^\circ 00'$; $\alpha_2 = 28^\circ 40'$; $\alpha_3 = 41^\circ 45'$;
 $\alpha_4 = 56^\circ 20'$; $\alpha_5 = 56^\circ 20'$; $\alpha_6 = 72^\circ 30'$;
 $\alpha_7 = 90^\circ 00'$.

$$\alpha_6 = \arctg \left[3 \left(\mu - \frac{2}{3} \frac{C_f'}{\pi} \right) \right];$$

7-е положение определяет максимальную скорость всплытия с качением $\alpha_7 = \frac{\pi}{2}$.

На рис. 3 углы наклона направляющих вычислены применительно к движению бревна в коре с $\mu = 0,123$, $\nu = 0,484$ [2], $C_y = 0,9$ [3].

Как видно из формул, замечательные положения направляющих не зависят от геометрических размеров бревен и их объемных весов.

Можно полагать, что выявленные особенности движения бревен (цилиндров) под водой найдут применение не только при разработке рейдовых механизмов для лесосплава, но и при решении других вопросов подводного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Я. Харитонов. Два гидравлических парадокса. Труды АЛТИ, сб. «Лесозэксплуатация», XIX, Архангельск, 1967. [2]. В. Я. Харитонов. Экспериментальные исследования движения бревен под водой. Сообщение 1. Движение по инерции, всплытие с качением. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1966. [3]. A. V. s e m a n. Messungen an rotieren den Zylindern, Ergeben der Aerodyn. Versuchsonst. zu Gött, IV, 1932.

УДК 531.8

ВЛИЯНИЕ СМАЗКИ НА ВЕЛИЧИНУ СТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ НЕОКОРЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ $\delta_{п}$

С. И. ГРУБОВ
ЦНИИМЭ

Неокоренная древесина перемещается в машинах и механизмах различными способами вдоль и поперек волокон. Для правильного расчета этих машин необходимо знать величины статических коэффициентов $\delta_{п}$ сопротивления покоя перед скольжением неокоренной древесины по различным материалам. Проведенные нами исследования показали, что для неокоренной свежесрубленной древесины, перемещаемой по неокоренной же древесине, при сухом трении средняя величина $\delta_{п}$ достигает 1,0, а в отдельных случаях превышает 2,0. Чтобы сократить затраты сил на перемещение неокоренной древесины, необходимо снизить величину $\delta_{п}$. Один из путей снижения $\delta_{п}$ — смазка поверхностей скольжения отработанным автолом.

Чтобы выяснить возможность применения смазки, мы изучали взаимодействие неокоренных образцов осины и березы со сталью Ст. 3, смазанной отработанным автолом. Параллельно были проведены эксперименты по определению величин $\delta_{п.вн.}$ для неокоренной осины и березы, перемещаемых по сухой стали Ст. 3. Эксперименты проводили в Крестецком леспромхозе ЦНИИМЭ; всего было сделано 800 замеров.

Статические коэффициенты сопротивления покоя перед скольжением вдоль волокон неокоренных свежесрубленных образцов осины и березы по сухой стали ($\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 и $\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3) и смазанной автолом ($\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 + автол и $\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3 + автол) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики	Статические коэффициенты сопротивления			
	$\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3	$\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 + автол	$\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3	$\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3 + автол
<i>n</i>	100	100	100	100
<i>M</i>	0,58	0,40	0,61	0,42
<i>M, %</i>	100	69,0	100	68,8
$\pm \sigma$	0,1468	0,0578	0,0764	0,1053
$\pm m$	0,01468	0,00578	0,00764	0,01053
<i>v, %</i>	25,41	14,4	12,5	25,3
<i>P, %</i>	2,54	1,44	1,25	2,53
<i>t</i>	11,3	> 3,06	14,6	> 3,06

Исследования выполняли на стенде с подвижной наклонной плоскостью, при температуре окружающего воздуха $T_{в} = -4 \div +15^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха $W = 43 - 97\%$, линейной нагрузке $Q = 1,6 \text{ кг/см}$ и времени неподвижного контакта $T_{к} = 5 \text{ мин}$. Наблюдения по определению величин $\delta_{п.вн.}$ (О, Б) — Ст. 3 + автол и $\delta_{п.вн.}$ (О, Б) — Ст. 3 проводили в два этапа: на первом образцы осины и березы взаимодействовали с сухим металлом, а на втором — с металлом, смазанным отработанным автолом.

Данные таблицы показывают, что различия между средними арифметическими величинами $\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 и $\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 + автол; $\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3 и $\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3 + автол достоверны. Величина статического коэффициента сопротивления перед скольжением вдоль волокон неокоренных образцов осины и березы по стали, смазанной отработанным автолом, на 31% меньше статических коэффициентов сопротивления перед скольжением тех же образцов по сухой стали.

Величины вариационных коэффициентов *v, %* указывают на повышенную изменчивость величин $\delta_{п.вн.Б}$ — Ст. 3 + автол по сравнению с $\delta_{п.вн.О}$ — Ст. 3 + автол. Значения *P, %* свидетельствуют о достаточной надежности результатов.

УДК 674.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДЛЯ РАСЧЕТА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ

Ю. А. ВАРФОЛОМЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Е. В. Герц и Г. В. Крейнин [3], [4] установили, что пневматические механизмы, имеющие одинаковые безразмерные параметры, подчиняются одним и тем же законам движения. Это свойство позволяет распространить одно безразмерное решение на целую группу подобных механизмов с различными конструктивными размерами.

В настоящей статье даны результаты расчетов пневматических цилиндров одностороннего действия в безразмерных параметрах и методика использования этих результатов для решения конкретных задач.

Проведенные исследования [1], [2] показали, что в ряде случаев наиболее точные данные получаются при расчетах по уравнениям изотермического процесса изменения состояния воздуха в рабочей полости цилиндра. Поэтому нами представлены безразмерные дифференциальные уравнения движения пневматических цилиндров для изотермических условий теплообмена (1)

$$dy = \frac{1}{X + X_0} [\varphi_t(y) - y\dot{X}] d\tau; \quad (1)$$

$$\ddot{X}N_t^2 = y - \eta_a,$$

где безразмерное перемещение поршня

$$X = \frac{x}{S}; \quad (2)$$

безразмерная скорость поршня

$$\dot{X} = \frac{dX}{d\tau} = \frac{F \dot{x}}{\mu_t f \sqrt{2RT_M}}; \quad (3)$$

безразмерная продолжительность движения поршня

$$\tau = \frac{\mu_t f \sqrt{2RT_M}}{FS} t; \quad (4)$$

конструктивный параметр

$$N_t = \frac{\mu_t f \sqrt{2RT_M m_{np}}}{F \sqrt{p_M} FS}; \quad (5)$$

параметр нагрузки

$$\eta_a = \frac{P_{np} + P_{тр}}{p_M F} + \frac{p_a}{p_M}; \quad (6)$$

$$y = \frac{p}{p_M};$$

S — полный рабочий ход поршня, м;

x — текущее перемещение поршня, м;

p_M — давление воздуха в магистрали, н/м²;

p — текущее давление воздуха в рабочей полости цилиндра, н/м²;

$$\varphi_t(y) = 0,429 \text{ при } 0 < y \leq 0,607;$$

$$\varphi_t(y) = y \sqrt{\ln \frac{1}{y}} \text{ при } 1,0 > y > 0,607;$$

- F — площадь поршня, m^2 ;
 R — газовая постоянная воздуха, $R = 287$ нм/кгград;
 T_M — температура воздуха в магистрали, °К;
 μ_t — коэффициент расхода при изотермических условиях теплообмена;
 f — площадь сечения дросселя на входе в цилиндр, m^2 ;
 \dot{x} — текущая скорость поршня, м/сек;
 $m_{пр}$ — масса движущихся частей, приведенная к штоку, кг;
 $P_{пр}$ — сумма сил сопротивления, приведенных к штоку, н;
 $P_{тр}$ — сила трения в манжетах уплотнения поршня, н;
 p_a — атмосферное давление воздуха, н/м².

Результаты расчетов применительно к механизму подачи торцовочного станка типа ЦКБ-3 [2], приведенные к безразмерному виду, представлены на рис. 1.

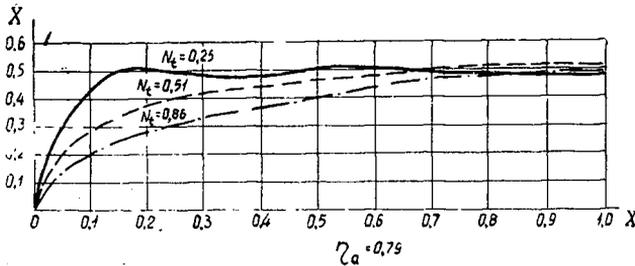


Рис. 1. Зависимость безразмерной скорости \dot{X} от перемещения X при рабочем ходе цилиндров одностороннего действия.

Пользуясь кривыми рис. 1, данными проектируемого механизма и выражениями (2), (3), (5) и (6), можно найти действительные значения текущих скоростей поршня в любой момент перемещения для пневматических цилиндров, имеющих данные значения η_a и N_t , не прибегая к сложным расчетам систем дифференциальных уравнений [2], [4]. Эти же графики (рис. 1) можно использовать для синтеза пневматических цилиндров по заданным характеристикам движения.

Допустим, требуется получить цикл движения, близкий к равномерному, по следующим исходным данным: величина установившейся скорости $\dot{x}_{уст} = 0,340$ м/сек; усилие на штоке цилиндра $P_{пр} = 503$ н; масса движущихся частей $m_{пр} = 36,2$ кг; ход поршня $S = 0,25$ м; сила трения в уплотнениях поршня $P_{тр} = 130$ н; температура воздуха в магистрали $T_M = 290^\circ K$.

Согласно графикам рис. 1, цилиндр, имеющий безразмерные параметры $N_t = 0,25$ и $\eta_a = 0,79$, обеспечивает необходимую равномерность хода с установившейся скоростью $\dot{X}_{уст} \approx 0,49$.

Подставив данные в уравнение (3), получим

$$0,49 = \frac{F}{\mu_t f \sqrt{2 \cdot 290 \cdot 287}} \cdot 0,34$$

или

$$\mu_t f = \frac{F}{589} \quad (7)$$

По уравнению (5) имеем

$$0,25 = \frac{\mu_t f \sqrt{2 \cdot 287 \cdot 290 \cdot 36,2}}{F \sqrt{p_M F 0,25}}$$

или

$$F^3 = 3,88 \cdot 10^8 \frac{(\mu_t f)^3}{p_M} \quad (8)$$

Согласно уравнению (6), получим

$$0,79 = \frac{633 + 0,98 \cdot 10^5 F}{p_M F}$$

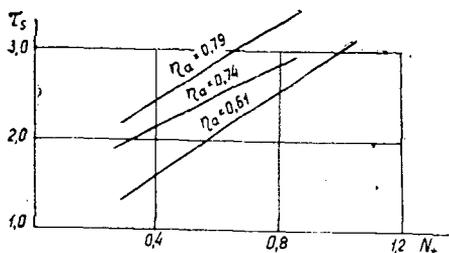


Рис. 2. Зависимость безразмерного времени срабатывания τ_s пневматических цилиндров одностороннего действия от параметров N_c и η_a .

откуда

$$p_m = \frac{633 + 0,98 \cdot 10^5 F}{0,79 F} \quad (9)$$

Решив совместно уравнения (7) и (8), получим $F = 0,255 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ или диаметр цилиндра $D \approx 56,5 \text{ мм}$. Значение F подставим в уравнение (9), найдем $p_m = 4,43 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$. Если коэффициент расхода $\mu_f = 0,285$, то по уравнению (7) получим $f = 0,149 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Для определения времени срабатывания механизма можно воспользоваться графиками рис. 2 и выражением (4). Для нашего примера $\tau_s = 2,2$ и $t_s = 0,808 \text{ сек}$.

Рассмотренная методика позволяет анализировать циклы работы механизмов с пневматическими цилиндрами и синтезировать цилиндры по законам движения, близким к заданным, то есть позволяет решать задачи проектирования цилиндров для механизмов, качество работы которых зависит от текущей скорости движения рабочих органов, в частности, для механизмов подачи деревообрабатывающих станков.

Безразмерные параметры можно применять практически, когда имеется большой ряд данных по безразмерным циклам движения механизмов для цилиндров как одностороннего, так и двустороннего действия, по значениям коэффициентов расхода и трения, а также по влиянию сил резания на процесс. Эти данные можно представить в виде атласа по расчетам пневматических устройств.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ю. А. Варфоломеев. К расчету пневматического цилиндра одностороннего действия. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969. [2]. Ю. А. Варфоломеев. О расчете пневматических цилиндров одностороннего действия. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [3]. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. Теория и расчет силовых пневматических приводов. Изд. АН СССР, 1960. [4]. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. Динамика пневматических приводов машин-автоматов. Изд-во «Машиностроение», 1964.

УДК 674.023

КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ

Б. И. КОШУНЯЕВ, А. А. ПИЖУРИН, В. Р. ФЕРГИН

ЦНИИМОД

Важнейшими характеристиками процессов пиления древесины являются качественные показатели, то есть чистота и точность обработки. Качеством обработки определяется товарный вид и технические достоинства пиломатериалов, расход древесины и величина энергозатрат при последующей обработке.

В данной статье приводятся результаты исследований по определению зависимости чистоты и точности обработки от основных технологических факторов при продольном пилении древесины сосны и ели дисковыми пилами. Опыты проводили на специальной установке и частично на круглопильном станке типа «Reiman». Критерием для оценки чистоты поверхности служила наибольшая глубина неровностей H_{max} . Точность распила оценивали отклонением фактических размеров от номинальных. Глубину неровностей измеряли прибором ТСП-2, ширину (толщину) досок — микрометром или измерительной скобой. В основу эксперимента было положено центральное композиционное ротационное планирование второго порядка. Данные эксперимента

обрабатывали на электронно-вычислительной машине БЭСМ-2М. Степень соответствия опытных данных закону нормального распределения оценивали критерием Пирсона χ^2 .

При исследовании чистоты обработки в качестве переменных было выбрано четыре фактора: подача на резец U_z , путь реза в древесине (суммарная длина дуг контакта реза с древесиной) L , кинематический угол встречи Θ и высота пропила H . Выбор переменных обусловлен тем, что на величину неровностей разрушения главным образом влияют толщина стружки и степень затупления зубьев пил. Толщина стружки определяется подачей на резец, величиной кинематического угла встречи и высотой пропила. Степень затупления зубьев пил характеризуется величиной пути реза в древесине. Переменные варьировали в следующих диапазонах: $0,2 \text{ мм} \leq U_z \leq 1,8 \text{ мм}$; $8 \cdot 10^6 \text{ мм} \leq L \leq 25 \cdot 10^6 \text{ мм}$; $64^\circ \leq \Theta \leq 72^\circ$; $30 \text{ мм} \leq H \leq 150 \text{ мм}$.

В опытах применяли пилы диаметром $D=500 \text{ мм}$, толщиной $t=2,2 \text{ мм}$, с числом зубьев $z=48$, развод на сторону составлял $0,7 \text{ мм}$, скорость резания $V=45 \text{ м/сек}$, влажность древесины $W=25 \div 30\%$.

Путем обработки опытных данных получили уравнение регрессии

$$H_{\text{max ср}} = -45 + 141U_z - 19,75L + 8\Theta + 0,1H + 212U_z^2 + 0,815L^2. \quad (1)$$

Анализ точности выражения (1) показал, что максимальное отклонение опытных данных от расчетных не превышает 7%. Для определения величины неровностей разрушения, имеющих большой разброс, такая точность вполне достаточна.

Из уравнения (1) видно, что на чистоту обработки доминирующее воздействие оказывает подача на резец; влияние этого фактора имеет нелинейный характер. Влияние пути реза в древесине также нелинейно, а кинематического угла встречи линейно. При увеличении Θ на 10° глубина неровностей возрастает примерно на 80 мк. Высота пропила не оказывает заметного воздействия на глубину неровностей. Для практических расчетов глубины неровностей более удобно применять не аналитический метод, а графический.

На рис. 1 приведена номограмма, пользуясь которой можно определить величину $H_{\text{max ср}}$ в зависимости от подачи на резец U_z , пути реза в древесине L и кинематического угла встречи Θ . Штриховыми линиями на номограмме показан порядок расчета для случая $U_z=1,25 \text{ мм}$, $L=30 \cdot 10^6 \text{ мм}$, $\Theta=66^\circ$. Расчет производили в сле-

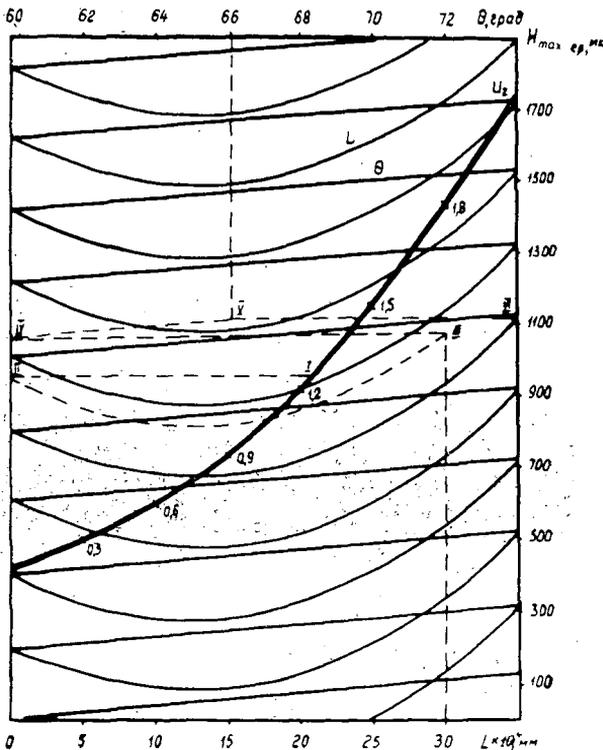


Рис. 1. Номограмма для определения глубины неровностей на поверхности распила.

дующей последовательности. Точку I, соответствующую заданной величине $U_z = 1,25$ мм, проектируем на вертикальную ось; из точки II проводим линию, параллельную линиям L, до пересечения в точке III с перпендикуляром, восстановленным из точки (L = 30 · 10⁶ мм). Спроектировав точку III на вертикальную ось, получим точку IV, из которой проводим прямую, параллельную линиям Θ , до пересечения с перпендикуляром из точки ($\Theta = 66^\circ$). Проекция точки V на шкале $H_{max\text{ ср}}$ (точка VI) соответствует глубине неровностей на поверхности распила. Аналогичным путем находим величину $H_{max\text{ ср}}$ и при других сочетаниях исходных факторов.

Кроме вырывов и рисок, на поверхности распила может образоваться мшистость, появлению которой способствует увеличение подачи на резец, высоты пропила, пути реза в древесине и уменьшение кинематического угла встречи. Приводим выражение, обуславливающее отсутствие мшистости,

$$2,5U_z + 0,25 \cdot 10^6 L + 0,033H - 0,5\Theta < -22,6. \quad (2)$$

Точность обработки изучали в зависимости от подачи на резец U_z , пути реза в древесине L, высоты пропила H, кинематического угла встречи Θ , толщины пилы t, диаметра D, числа зубьев пилы z. Пределы изменения переменных приняты следующие: 0,2 мм $\leq U_z \leq 1,8$ мм; $2,5 \cdot 10^6$ мм $\leq L \leq 25 \cdot 10^6$ мм; $64^\circ \leq \Theta \leq 72^\circ$; 30 мм $\leq H \leq 150$ мм; 1,8 мм $\leq t \leq 2,4$ мм; 320 мм $\leq D \leq 610$ мм; $36 \leq z \leq 60$.

В результате обработки опытных данных получено уравнение регрессии, отражающее зависимость точности распила Δ от исследуемых факторов,

$$\Delta = 4,46 + 0,88U_z - 0,093U_z^2 + 0,096L + 0,0033L^2 - 5,1t + 0,02H - 0,0017D + 0,012z + 0,07\Theta \text{ мм}. \quad (3)$$

Под величиной Δ понимаем отклонение от номинального размера независимо от его знака. Такой подход вполне обоснован, если учесть, что в многопильных станках увеличение толщины одной доски приводит к уменьшению соседней на ту же величину. У однопильных станков вероятность направления отклонения пилы одинакова и его величина описывается одним и тем же уравнением независимо от того, уменьшается или увеличивается размер доски в результате этого отклонения.

Из уравнения (3) видно, что с увеличением подачи на резец, пути реза в древесине, высоты пропила, числа зубьев пилы и кинематического угла встречи величина отклонения от номинального размера возрастает. С увеличением толщины и диаметра

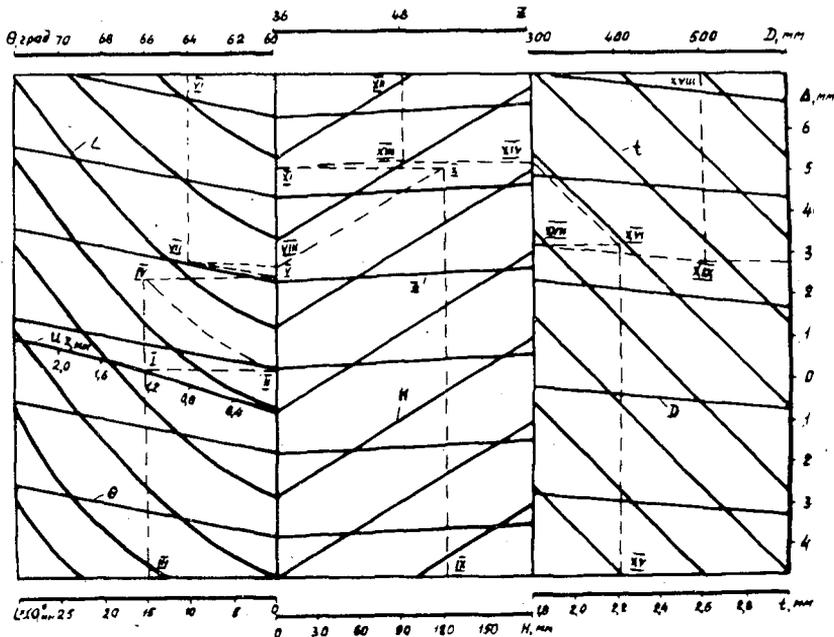


Рис. 2. Номограмма для определения величины отклонения от номинального размера.

пилы Δ уменьшается. На значение отклонения от номинального размера особенно резко влияют величина пути резца в древесине, толщина пилы и высота пропила. При изменении пути резца в древесине от 0 до $24 \cdot 10^6$ мм величина Δ возрастет на 4 мм, при уменьшении толщины пилы на 0,2 мм — увеличится на 1 мм, а при возрастании высоты пропила от 10 до 120 мм — повысится на 2,2 мм.

Величину отклонения от номинального размера при различных сочетаниях исходных факторов можно определить по номограмме, показанной на рис. 2. Порядок расчета аналогичен принятому для определения глубины неровностей на поверхности распила. На номограмме штриховыми линиями показан порядок расчета для случая $U_z = 1,2$ мм; $\Theta = 64^\circ$; $z = 48$; $H = 120$ мм; $D = 500$ мм; $t = 2,2$ мм; $L = 15 \cdot 10^6$ мм.

Результаты исследований можно использовать при планировании технологических режимов и норм, проектировании станков и других работах. При переходе лесопильно-деревообрабатывающей промышленности к системам автоматического управления производственными процессами полученные зависимости послужат исходным материалом для разработки математической модели процесса продольного пиления древесины дисковыми пилами.

УДК 634.0.813

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ И ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРЕТИЧНОЙ СТЕНКИ ТРАХЕИД ЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

И. С. ГЕЛЕС

Уральский лесотехнический институт

При изучении древесных волокон важным является вопрос о строении и химическом составе слоев, выстилающих канал трахеид.

Бюхер на основании микроскопических исследований вновь выдвинул и обосновал представление о третичной стенке как особом слое клетки [1], [3], [4], [5]. Согласно его работам, третичная стенка в большинстве случаев имеет форму полого цилиндра с полосатостью на его поверхности, которая обусловлена целлюлозными фибриллами. Вместе с тем, по мнению Бюхера, в состав стенки входят гемичеселлюлозы, содержащие уруновые кислоты и образующие благодаря этому устойчивое соединение с красителем «виктория голубая В». Третичная стенка в отличие от вторичной не растворяется в куприэтилендиамине, если его концентрация не превышает некоторого предела. Бюхер показал также, что у одной и той же породы древесины морфология третичной стенки может быть различной: в одних случаях наблюдается фибриллярность, в других — бесструктурно зернистые (hyalin-körnig) формы.

Согласно исследованиям Мейера, третичная стенка состоит из расположенных почти параллельно оси волокна микрофибрилл целлюлозы и инкрустирующих веществ [9]. Поверхность ее, обращенная к каналу, у некоторых пород покрыта так называемыми бородавчатыми образованиями.

В результате электронномикроскопических исследований многих хвойных и лиственных пород древесины Лизе пришел к выводу, что третичная стенка состоит из целлюлозных микрофибрилл, взаимное расположение которых отличается как от вторичной, так и первичной стенок, приближаясь к последней. Наряду с этим он считает, что в состав ее входит некоторое количество аморфного материала, а «бородавки» образуют особый бородавчатый слой ([6], [7], [8]).

На основании данных Бюхера о присутствии у трахеид «нефибриллярной» третичной стенки, Лизе делает вывод, что указанный автор наблюдал не третичную стенку, а бородавчатый слой. По этому же поводу Мейер считает, что Бюхер наблюдал нефибриллярный материал третичной стенки.

В нашей работе поставлена цель: исследовать строение третичной стенки у волокна еловой древесины по методу Бюхера и сопоставить результаты микроскопических наблюдений с электронномикроскопическими.

Материал и метод

Еловую древесину в виде «спичек» обрабатывали раствором двуокиси хлора с концентрацией 2 г/л вначале при комнатной температуре в течение 15—20 мин, а затем на кипящей водяной бане. После 4—6 таких обработок древесная ткань распадалась на волокна при легком встряхивании. После мацерации волокна отмывали от остатков двуокиси хлора дистиллированной водой и окрашивали красителем «виктория голубая В» по методу Бюхера [3]. Избыток красителя отмывали.

С помощью микроскопа МБИ-6 изучали окрашенные волокна до и при действии на них раствора куприэтилендиамина, который подводили под покровное стекло сбоку. Это позволяло в одном препарате наблюдать различные формы набухания волокон. Аналогично изучали «спички» еловой древесины, предварительно подвергнутые мягкому кислотному гидролизу. Состав сахаров гидролизата был определен методом бумажной хроматографии [2].

Результаты наблюдений

Нам удалось наблюдать третичную стенку при действии раствора куприэтилендиамина на трахеиды ели без каких-либо признаков бусообразования и растворения вторичной стенки. При этом наружные слои клетки становились почти бесцветными, а внутренние приобретали синюю или темную окраску. Наши наблюдения показали большое разнообразие форм третичной стенки: у одних волокон она имела вид трубки с многочисленными зернышками интенсивного синего цвета, расположенными по винтовой линии (рис. 1, б), у других — довольно легко и четко просматривалась так называемая фибриллярность (рис. 2); в некоторых местах третичная стенка имела зубеобразный вид (рис. 3). Во многих случаях были хорошо видны ответвления третичной стенки, выступающие каналы пор (рис. 3). При увеличении концентрации раствора куприэтилендиамина происходило набухание и растворение вторичной стенки, сопровождавшееся образованием бус (рис. 4). В этих условиях третичная стенка в одних местах растягивалась, в других сжималась подобно «гармошке», вследствие

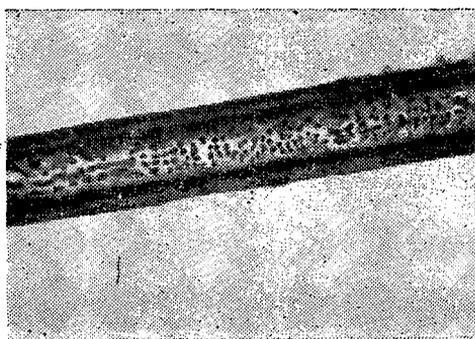


Рис. 1, а. Микрофотография мацерированного волокна ели, окрашенного «викторией голубой В». Стенки клетки интенсивно окрашены. В канале видны глобулы (увелич. в 85,5 раз).

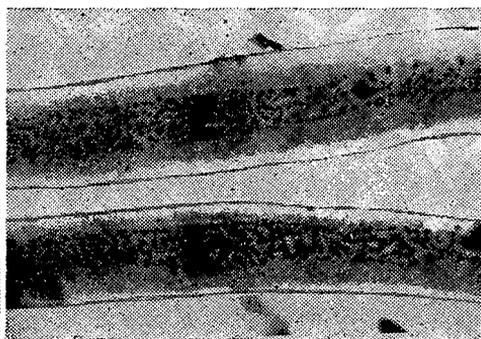


Рис. 1, б. Микрофотография мацерированного волокна ели, окрашенного «викторией голубой В». Под действием раствора куприэтилендиамина вторичная стенка обесцветилась и стала видна третичная стенка с многочисленными глобулами (увелич. в 85,5 раз).



Рис. 2. Микрофотография мацерированного волокна ели, окрашенного «викторией голубой В». Под действием раствора куприэтилендиамина стала видна «фибрилярная» структура третичной стенки (увелич. в 169 раз).

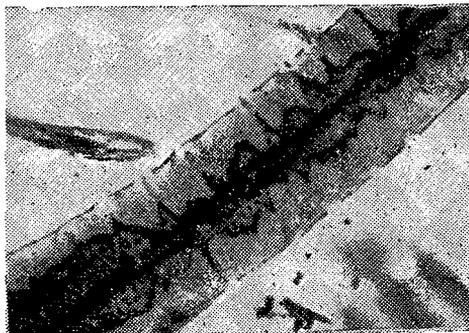


Рис. 3. Микрофотография мацерированного волокна ели, окрашенного «викторией голубой В». Под действием куприэтилендиамина стала видна третичная стенка и ее ответвления, выступающие каналы пор (увелич. в 169 раз).



Рис. 4. Микрофотография мацерированного волокна ели, окрашенного «викторией голубой В». Бусообразование под действием раствора куприэтилендиамина. В бусине видна третичная стенка (увелич. в 169 раз).



Рис. 5. Оставшиеся третичные стенки после растворения вторичных при действии раствора куприэтилендиамина на мацерированные трахеиды, окрашенные «викторией голубой В» (увелич. в 40 раз).



Рис. 6. Электронная микрофотография двухступенчатой реплики с нативной древесной ели. Поверхность трахеиды со стороны канала. Часть третичной стенки и внутреннего слоя вторичной сорвана и виден центральный слой (увелич. в 3750 раз).

чего угол спиралей «фибриллярных» образований значительно менялся. Кроме того, в местах изгиба волокон происходили веерообразные деформации третичной стенки, что также искажало направление «микрофибрилл». Все это говорит о том, что к результатам определения угла спиралей третичной стенки в местах, где произошло растворение вторичной стенки, нужно относиться осторожно.

Опыты, проведенные нами, доказали, что можно добиться полного растворения вторичной стенки, после чего остаются только разнообразно изогнутые третичные стенки (рис. 5). Легкая деформируемость, различное отношение к красителю и раствору куприэтилендиамина и наличие нефибриллярных форм вызвало серьезные сомнения в участии целлюлозных микрофибрилл в построении третичной стенки. Микроскопические наблюдения волокон, подвергнутых предварительно мягкой кислотной обработке, показали, что в этом случае третичная стенка не представляла больше единого целого, а распадалась на множество синеекрасенных глобул. В то же время известно, что в условиях мягкого гидролиза целлюлоза в раствор не переходит.

Наши электрономикроскопические исследования слоя, выстилающего канал трахеид ели, показали, в противоположность данным Лизе и Мейера, что этот слой не имеет фибриллярной структуры. В некоторых местах слегка заметна ориентация расположенных под ним микрофибрилл (рис. 6), в других она совершенно не просматривается. Аналогичные исследования еловой древесины, подвергнутой предварительно мягкому гидролизу, показали, что произошло удаление аморфных компонентов, в результате чего обнажилась микрофибриллярная структура внутреннего слоя вторичной стенки [2]. При хроматографическом анализе гидролизата были обнаружены исключительно продукты гидролиза гемицеллюлоз [2].

Из сопоставления всех указанных данных можно сделать вывод, что по способу Бюхера наблюдается не третичная стенка в понимании этого автора (Бюхер считает, что третичная стенка есть не что иное, как s_3), а слой гемицеллюлоз, соответствующий третичной стенке в классификации Фрей-Вислинга. В противоположность Лизе, который отводит гемицеллюлозам второстепенное место в построении внутреннего

слоя клетки, наши данные говорят о том, что гемицеллюлозы могут выступать в качестве самостоятельного, цельного слоя стенки клетки. Как уже отмечено, Лизе полагает, что Бюхер наблюдал «бородавчатый» слой, тогда как согласно его собственным данным, этот слой у ели отсутствует [6], [7], [8].

По нашему мнению, поверхность слоя гемицеллюлоз, примыкающая к внутреннему слою вторичной стенки, — реплика последнего и, следовательно, отражает особенности его строения, что выражается в так называемой фибриллярности или отсутствии ее. Последнее, на наш взгляд, означает, что микрофибриллы внутреннего слоя вторичной стенки s_2 образуют сомкнутую систему без углублений. В противном случае в промежутках между микрофибриллами откладываются гемицеллюлозы, которые сильно набухают в растворе куприэтилендиамина, и этот участок выделяется в виде хода спирали.

Таким образом, наши исследования дают основание считать, что у трахеид еловой древесины наряду с внутренним слоем вторичной стенки имеется третичная, состоящая главным образом из гемицеллюлоз.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Бюхер. В кн. «Основные представления о волокнах, применяемых в бумажном производстве». Материалы симпозиума, пер. с англ., М., 1962, 14—32. [2]. И. С. Гелес. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968, 128—131. [3]. Н. Bucher. «Holzforsch», 11, Н. 1, 1957, 3—27. [4]. Н. Bucher. «Das Papier», 14; 10a; 1960; 542—549. [5]. Н. Bucher. «Text.-Rundschau», 19, № 3, 1964, 119—132. [6]. W. Liese. I. Johann. «Planta», 44, 1954, 269—285. [7]. W. Liese. «Holz als Roh- und Werkstoff», 18, Н. 8, 1960, 296—303. [9]. Н. Meier. «Holz als Roh- und Werkstoff», 13, Н. 9, 1955; 323—338.

УДК 674.812

РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЖАТИИ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

Р. А. ИВАНЧУКОВ, Б. И. ОГАРКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Релаксацией напряжений называется уменьшение их со временем при постоянной деформации. Прессованная древесина как полимерный материал при деформировании, в особенности поперек волокон, ярко проявляет свойства ползучести и релаксации напряжений.

Для экспериментов были взяты образцы древесины березы одноосного прессования с размерами поперечного сечения 20×20 мм и высотой 30 мм. Степень прессования образцов 50%; прессовали их в радиальном направлении по методу проф. П. Н. Хухрянского. Релаксацию напряжений измеряли поперек волокон параллельно и перпендикулярно направлению прессования при температуре 18—19°C и влажности древесины 6%. Опыты проводили на испытательной машине РЕЛ ВИ-5, изготовленной в ГДР.

На машине установлен фотоэлемент для автоматического управления нагрузкой и поддержания постоянства деформации образцов при их испытании.

Испытание образцов заключалось в том, что измеряли зависимость падения напряжений в образце от времени при постоянной деформации. Для каждого направления измерения при одной и той же нагрузке брали 10 образцов.

График релаксации напряжений при сжатии поперек волокон приведен на рис. 1. Обработка результатов показала, что зависимость падения напряжения от времени можно представить степенным законом

$$\sigma = \sigma_0 - at^b,$$

где σ — напряжение;

σ_0 — начальное напряжение;

t — время;

a — падение напряжения в единицу времени;

b — показатель формы кривой релаксации ($b < 1$).

Проводили две серии опытов. В первой серии измеряли напряжение до конца падения напряжений, во второй — испытания проводили в течение 8—10 час. Результаты представлены в табл. 1.

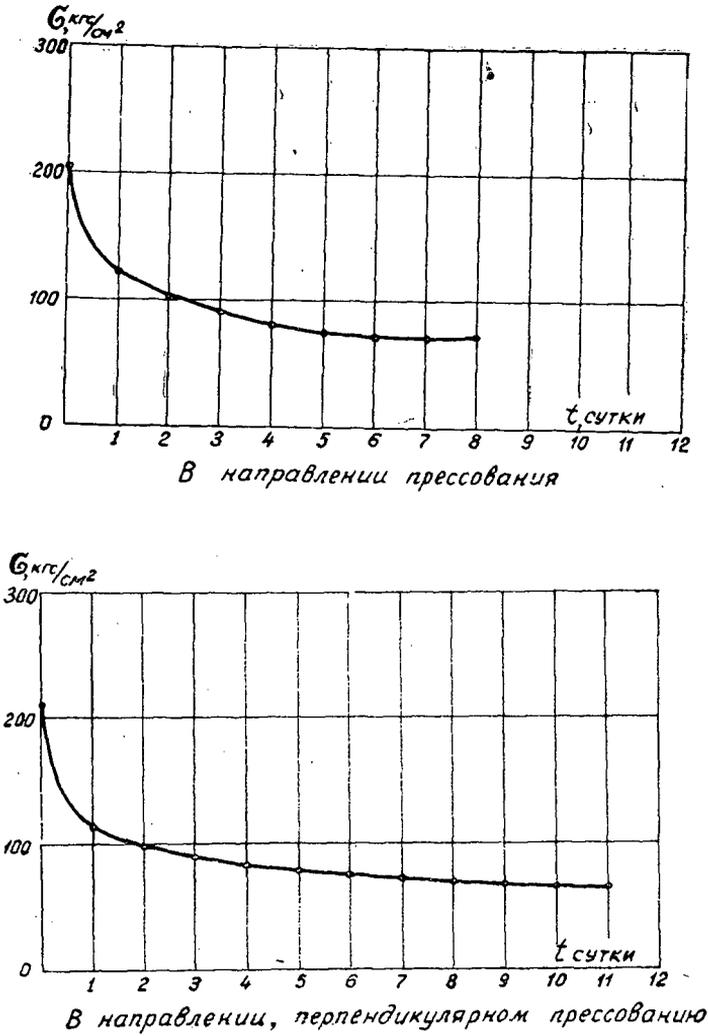


Рис. 1.

Таблица I

Измерение	Начальное напряжение, кгс/см²	Конечное напряжение, кгс/см²	Время релаксации, час	Падение напряжения в единицу времени	Показатель формы кривой релаксации
В направлении прессования	205	73	192	1,598	0,238
	290	173	10	1,9004	0,1571
Перпендикулярно прессованию	—	—	—	—	—
	137	94	8	1,477	0,1800
Перпендикулярно прессованию	211	64	264	1,704	0,200
	209	118	8	1,837	0,1510

Примечание. В числителе данные для первой серии опытов; в знаменателе — для второй серии.

Выводы

1. Релаксация напряжений прессованной древесины с начальной влажностью 6% при температуре 18—20°C при сжатии поперек волокон происходит значительно быстрее (200—300 час), чем при сжатии вдоль волокон (несколько месяцев).

2. Кривую релаксации можно представить в виде степенной зависимости падения напряжения от времени.

УДК 621.93.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕЗКОСТИ
РАЗМЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ

П. Ф. КУРОПТЕВ

ЦНИИМОД

Применяемые на лесопильных заводах разметочные устройства в большинстве случаев проектируют нерезкие (размытые) линии, по которым, естественно, трудно ориентировать раскраиваемый материал. Чтобы выяснить, каким образом параметры разметочного устройства влияют на характер и величину размытости линий, рассмотрим схему формирования теневой разметочной линии в плоскости, перпендикулярной тенеформирующей преграде (рис. 1). На источнике света (нити накала) выделим условно три точки m, n, k и проследим за ходом лучей, испускаемых каждой из них. Входящие из точки m лучи, встречая на своем пути тенеформирующую преграду, проектируют тень $1-3'$, точка n создает уже несколько смещенную тень $2-2'$ и точка k — соответственно тень $3-1'$.

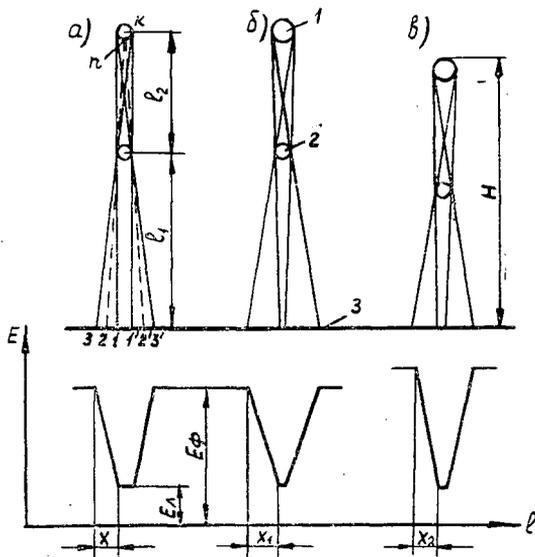


Рис. 1.

1 — источник света (нить накала); 2 — тенеформирующая преграда; 3 — размечаемая поверхность.

Проследив таким образом ход лучей из каждой точки нити накала, видим, что тень, создаваемая исходящими из всех точек лучами, получается только на участке $1-1'$, а на участках $1-3'$ и $1'-3'$ создаются области полутеней. При известных значениях E_f и E_d можно построить кривую распределения освещенности по ширине проектируемой линии. Из схемы рис. 1 видно также, что размер и характер полутени зависят, в частности, от размера светящегося тела (варианты a и b) и расстояния от тенеформирующего шнура до размечаемой поверхности l_1 (варианты b и $в$).

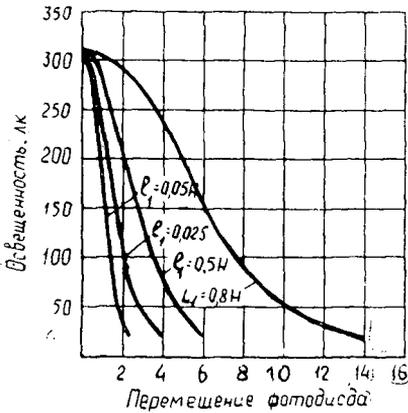


Рис. 2.

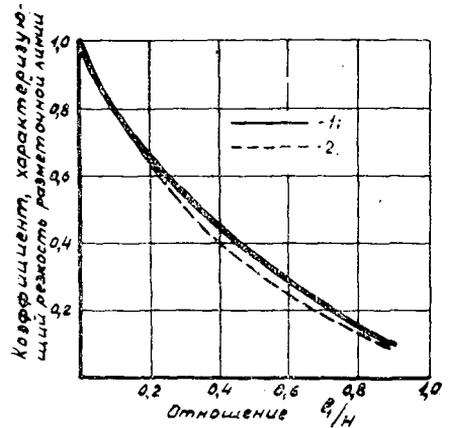


Рис. 3.

1 — расчетная кривая; 2 — экспериментальная кривая.

Записью кривых освещенности подтверждаются выводы, полученные при графическом анализе. Кривую распределения освещенности по ширине разметочной линии записывают с помощью измерительной системы, состоящей из датчика, приводного механизма и самопишущего прибора. В качестве датчика используют фотодиод ФД-1, работающий в вентильном режиме, то есть без внешнего источника питания. Фотодиод, укрепленный на каретке, перемещается поперек разметочной линии с помощью микрометрического винта, который получает вращение через редуктор от электродвигателя ДСД-2-Н1. В качестве регистрирующего прибора использован самопишущий ампервольтметр Н373.

Ток, возникающий в цепи фотодиода, записывается на диаграммную бумагу. Скорости перемещения датчика и диаграммной бумаги самописца синхронизированы. Перед началом замеров у фотодиода снимают выходную характеристику зависимости тока от освещенности. По этой характеристике и записям тока строятся действительные кривые распределения освещенности по ширине разметочной линии.

Распределение освещенности на границе разметочной линии и фона для разметочных устройств с различным соотношением $\frac{l_1}{H}$ представлено на рис. 2. Для любого устройства можно принять, что при $l_1 = 0$ разметочная линия абсолютно резкая и, следовательно, коэффициент резкости $K_1 = 1$.

Анализируя графики формирования разметочных линий, можно заключить, что при постоянных величинах размеров источника света * и расстояния H значение K_1 зависит только от l_1 , а при различных расстояниях от источника света до размечаемой поверхности

$$K_1 = f\left(\frac{l_1}{H}\right).$$

Полученная зависимость позволяет правильно задавать размерные параметры разметочных устройств, предназначенных для различных условий работы. Числовые значения коэффициента резкости определяют на экспериментальной установке, где имитируются различные условия разметки и меняются параметры разметочного устройства.

Экспериментальные исследования подтвердили выводы о том, что коэффициент резкости зависит только от величины $\frac{l_1}{H}$ и не зависит от других факторов. Числовые значения этого коэффициента одинаковы для разметочных устройств со всеми из исследованных источников света (софитная лампа П-19, осветительная лампа накаливания $W = 500$ и 300 вт). По средним значениям строили график зависимости коэффициента резкости разметочной линии K_1 от соотношения $\frac{l_1}{H}$ (рис. 3). Полученную зависимость можно выразить эмпирической формулой

* Под размерами источника света в данном случае и в дальнейшем подразумеваем диаметр или ширину светящегося тела (нити накала) в плоскости, перпендикулярной тенеформирующей преграде.

$$K_1 = 1 - \left(\frac{l_1}{H}\right)^{0,65}$$

Коэффициент резкости разметочных линий, проектируемых устройствами, применяемыми на лесопильных заводах, колеблется от 0,17 до 0,35. Серийно выпускаемые светотеневые аппараты ПРД-12 имеют самые низкие значения этого коэффициента. При конструировании и установке разметочных устройств необходимо учитывать, что достаточно хорошую видимость разметочных линий в течение всего периода работы можно обеспечить лишь при коэффициенте резкости $K_1 \geq 0,25$.

УДК 634.0.812

ВЛИЯНИЕ СУЧКОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

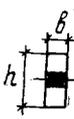
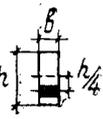
Ю. А. БЕДРЖИЦКИЙ, М. Е. КАГАН

Московский инженерно-строительный институт

Строительные свойства древесины лиственных пород изучены недостаточно, особенно в части влияния пороков (сучков и косослоя), сильно снижающих прочность древесины, работающей на изгиб и растяжение [2], [5]. Задачи настоящего исследования: 1) определить влияние сучков на прочность и деформативность древесины лиственных пород при поперечном изгибе; 2) найти коэффициенты масштабности K_M , пороков K_P и однородности K_O древесины; 3) установить расчетные сопротивления.

Было изучено 223 образца сечением 5×15 см и длиной 300 см из ольхи, осины и тополя; из них 26 чистых без сучков и 197 сучковатых, имеющих сучки в растянутой зоне средней трети длины образца. Группы сучков приведены в табл. 1. Распределение величины диаметра d сучков в группе, в основном, соответствует распределению по категориям, принятым в СНиПе II-V.4 - 62 «Деревянные конструкции». Нормы проектирования, приложение 1.

Таблица 1

	Группы сучков										
	выходящих на кромку		выходящих на обе пласти		выходящих на кромку и обе пласти		выходящих на обе пласти				
											
Порода древесины											
	размеры сучков по группам, мм										
	10-15	15-25	25-35	35-45	20-45	45-75	10-20	20-45	45-60	15-30	30-68
	количество образцов по группам										
Тополь	4	4	4	5	9	3	6	12	—	6	3
Осина	8	5	6	6	7	6	5	10	5	6	6
Ольха	4	7	8	6	8	5	7	10	4	6	6

Образцы испытывали на универсальной машине УИМ-50 с установкой, обеспечивающей постоянное положение центра давления ножей и опор во время эксперимента путем придания ножам и опорам достаточной подвижности (рис. 1) [6]. При испытании принята схема загрузения балки в двух точках на расстоянии 87 см от опоры.

После испытания на изгиб из каждого крупного образца вырезали четыре малых сечением 2×2 см и длиной 30 см, два из сжатой и два — из растянутой зоны. Для всех образцов были определены пределы прочности с поправками на влажность, температуру и скорость нагружения. Влажность находили весовым способом. Коэффициент масштабности K_M определен как отношение предела прочности чистого без пороков крупного образца $R_{ч,15}^k$ к пределу прочности малых чистых образцов $R_{ч,15}^m$.

Результаты статистической обработки при определении K_M представлены в табл. 2.

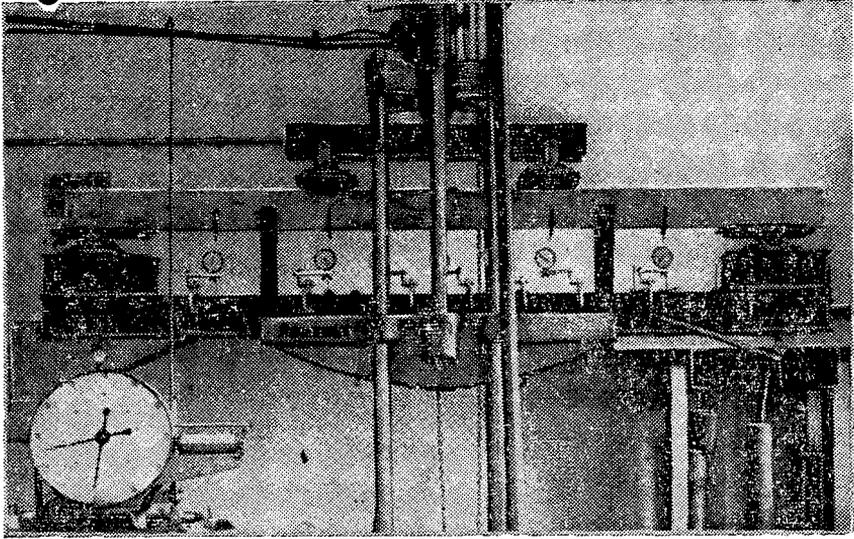


Рис. 1.

Таблица 2

Порода	Показатели					
	<i>n</i>	<i>M</i>	σ	<i>m</i>	<i>v</i> , %	<i>P</i> , %
Тополь . . .	9	0,829	0,0922	0,0307	11,10	3,70
Ольха . . .	7	0,800	0,073	0,0276	9,10	4,45
Осина . . .	10	0,831	0,122	0,0386	14,7	4,65

Примечание. *n* — количество образцов; *M* — средняя арифметическая величина K_M ; σ — среднеквадратическое отклонение; *m* — ошибка средней арифметической величины; *v*, % — коэффициент изменчивости; *P*, % — показатель точности [4].

Коэффициент пороков рассчитан как отношение предела прочности крупного образца с сучком $R_{c,15}^K$ к произведению предела прочности малого чистого образца $R_{ч,15}^M$ на величину K_M . Коэффициент однородности находили как произведение K_n на K_M . Снижение предела прочности при наличии сучка определяли по формуле

$$R'' = (1 - K_n) \cdot 100\%$$

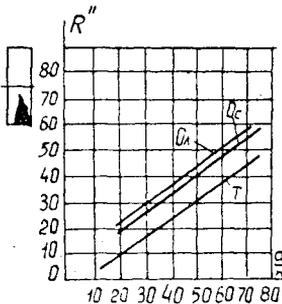


Рис. 2.

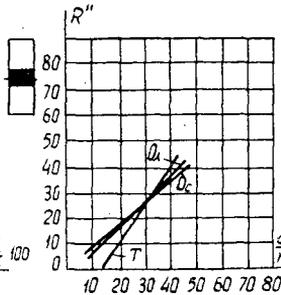


Рис. 3.

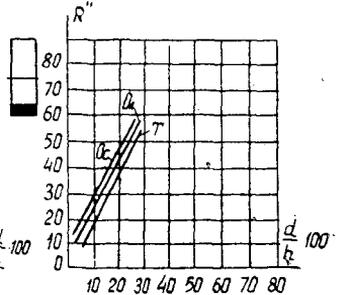


Рис. 4.

T — тополь; Ол — ольха; Ос — осина.

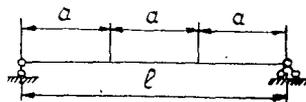
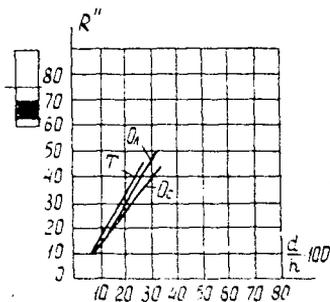


Рис. 5.

Т — тополь; Ол — ольха;
Ос — осина.

Зависимости снижения предела прочности R'' , %, от относительного размера сучков $\frac{d}{h}$, %, для образцов из древесины ольхи, осины и тополя представлены на рис. 2—8. Анализ зависимостей R'' от $\frac{d}{h}$ (рис. 2—8), полученных на основании экспериментальных исследований, позволяет сделать вывод, что наибольшее снижение предела прочности (R'' , %) наблюдается для группы сучков с выходом на кромку и обе пласти (рис. 4, 6, 7, 8).

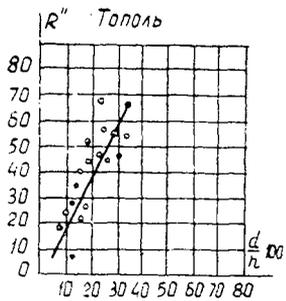


Рис. 6.

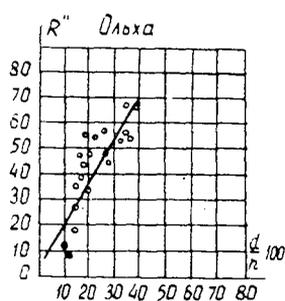


Рис. 7.

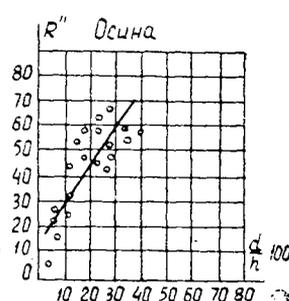


Рис. 8.

Для древесины I категории предельное отношение $\frac{d}{h} = 1/4$, для II категории $\frac{d}{h} = 1/3$ (СНиП II-V. 4—62, приложение 1) [1]. На основании зависимостей, представленных на рис. 4 и в табл. 4, для этих отношений определены коэффициенты K_0 и K_{II} , значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Порода	K_{II}		K_0	
	при $d/h = 1/4$	при $d/h = 1/3$	при $d/h = 1/4$	при $d/h = 1/3$
Тополь . . .	0,52	0,38	0,43	0,31
Ольха . . .	0,51	0,38	0,41	0,30
Осина . . .	0,47	0,35	0,39	0,29

Результаты статистической обработки зависимостей (рис. 4) представлены в табл. 4.

Величины расчетных сопротивлений определяли по методике СНиПа как произведение вероятного минимального предела прочности малых чистых образцов

$$R_{\text{мал}}^{\text{вер}} = R_{\text{ср}} \left(1 - 2,25 \cdot \frac{v}{100} \right),$$

умноженного на значение K_0 и на коэффициент длительного сопротивления $K_{\text{дл}} = 0,67$ [3].

Таблица 4

Порода	r	m_r	r/m_r	m_{xy}	Уравнение связи
Тополь . . .	0,84	0,0595	12,2	4,3	$R'' = 180d/h + 3,0$
Ольха . . .	0,82	0,08	10,2	4,7	$R'' = 167d/h + 7,0$
Осина . . .	0,85	0,065	13,5	5,0	$R'' = 153d/h + 14,2$

Примечание. r — коэффициент корреляции; m_r — ошибка коэффициента корреляции; r/m_r — достоверность коэффициента корреляции; m_{xy} — ошибка уравнения связи.

Результаты статистической обработки при определении $R_{ср}$, а также величины расчетных сопротивлений при предельной величине d/h , равной $1/4$ и $1/3$, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Порода	n	$R_{ср}$	σ	m	$v, \%$	$P, \%$	$R_{мал}^{вер}$	R_H	
								при $d/h = 1/4$	при $d/h = 1/3$
Тополь . . .	67	580,1	66,7	8,14	11,5	1,40	430	125	89
Ольха . . .	78	591,0	96,3	11,0	16,3	1,86	378	103	76
Осина . . .	85	642	90	9,8	10,6	1,53	487	127	94

Из данных табл. 5 видно, что для ольхи величины расчетных сопротивлений изгибу можно принять равными ≈ 80 кгс/см², для тополя и осины ≈ 90 кгс/см². При этом коэффициенты перехода к расчетным сопротивлениям древесины разных пород по отношению к сосне и ели (табл. 5, СНиП 11-В. 4—62) для ольхи следует уменьшить до 0,6, для осины и тополя — до 0,7. Вместе с тем в нормах следовало бы учесть, что для древесины, отнесенной при сортировке к категории 1, величины расчетных сопротивлений можно повысить и для ольхи принять равными ≈ 105 кгс/см², для осины и тополя ≈ 130 кгс/см², а коэффициенты перехода для ольхи 0,8, для осины и тополя — 1,0.

Прогибы балок с сучками замеряли прогибомерами Аистова с ценой деления 0,01 мм. Были построены графики зависимости напряжения σ от прогиба f в середине пролета балки для образцов, имеющих сучки с выходом на кромку и обе пласти (рис. 9, 10, 11). Наибольшие по величине прогибы оказались в группе сучков с выходом на кромку и обе пласти (табл. 1.). На рис. 9, 10, 11. для указанной группы сучков нанесены средние экспериментальные линии прогибов, полученные при испытании 16 образцов из древесины тополя; 20 из осины и 20 из ольхи.

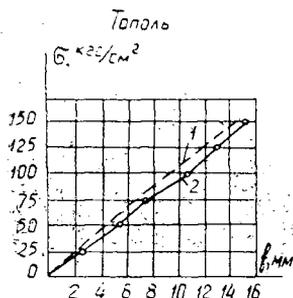


Рис. 9.

1 — теоретическая линия прогибов. 2 — экспериментальная линия прогибов.

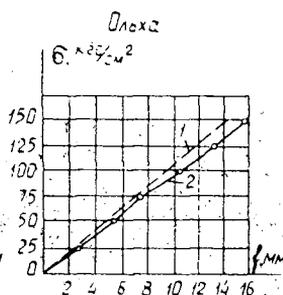


Рис. 10.

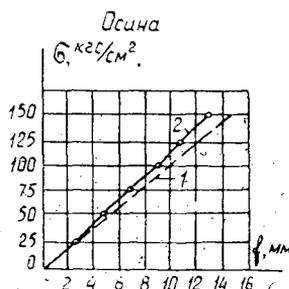


Рис. 11.

Теоретические значения прогибов определяли по формуле

$$f = \frac{23\sigma l^2}{108hE},$$

где f — прогиб, см;
 h — высота балки, см;
 σ — напряжение, кгс/см² (150 кгс/см²);
 l — пролет балки, см;
 E — модуль упругости при изгибе, кгс/см² (100 000 кгс/см²).

Выяснено, что для всех типов сучков в элементах, отнесенных при лабораторной сортировке к категориям I и II, при напряжениях до 150 кгс/см² сучки оказывают незначительное влияние на прогиб. Отклонение средних экспериментальных значений прогибов от теоретических не превышает 10%.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Деревянные конструкции. Нормы проектирования СНиП II-V. 4—62. Госстройиздат, М., 1962. [2]. Г. Г. Карлсен, В. В. Большаков, М. Е. Каган и др. Деревянные конструкции. Госстройиздат, М., 1961. [3]. В. М. Коченов. Расчет деревянных конструкций по расчетным предельным состояниям. Госстройиздат, М., 1955. [4]. Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965. [5]. Л. М. Перелыгин. Влияние пороков на технические свойства древесины. Гослесбумиздат, М., 1949. [6]. Е. И. Савков. Прочность пиломатериалов. Гослесбумиздат, М., 1962.

УДК 674.047

ИЗМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ В ПЕРЕГРЕТОМ ПАРЕ

А. Я. БУРСИН

Архангельский лесотехнический институт

На экспериментальной установке [1] мы изучали изменение модуля упругости и упругих деформаций древесины сосны в процессе высокотемпературной сушки в перегретом паре и в паровоздушных смесях. В основу была положена методика Б. Н. Уголева [2]. В экспериментальной установке для измерения модуля упругости в той же среде, что и в сушильной камере, имеется специальный измерительный блок.

На разных этапах процесса сушки из камеры извлекали образцы размером $25 \times 110 \times 500$ мм, из которых на круглопильном станке вырезали секции $25 \times 110 \times 15$ мм для последующего определения модуля упругости, упругих деформаций и влажности. Секцию для вычисления модуля упругости размечали и раскалывали на 6 слоев в направлении вдоль волокон, при помощи пинцета слои поочередно вносили в измерительный блок, где после выдержки в течение 1,5 мин устройство нагружали и определяли величину прогиба слоя по индикатору при каждом нагружении.

Модуль упругости определяли по формуле

$$E = \frac{Pa(3l^2 - 4a^2)}{2bh^3f}$$

где P — половина приведенной нагрузки, кгс;
 h — высота слоя, см;
 b — ширина » , см;
 f — прогиб » , см;
 a — расстояние между нажимным валиком и опорой устройства, см;
 l — расстояние между опорами, см.

В качестве исследуемого материала использовали сосновые образцы (тангенциальной распиловки) толщиной 25 мм, вышпеленные из заболонной, ядровой и ядрово-заболонной частей бревен. На основании данных нескольких опытных сушек (раздельно для заболонной, ядровой и ядрово-заболонной древесины) найдены средние арифметические значения модуля упругости и влажности центрального слоя образцов для разных этапов сушки и построены кривые (рис. 1).

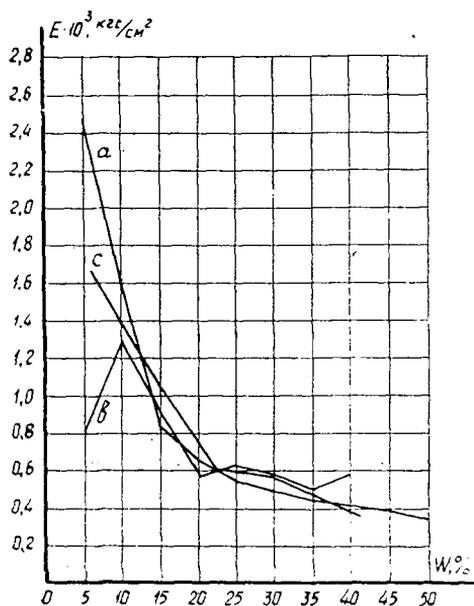


Рис. 1. Изменение модуля упругости заболонной (а), ядровой (b) и ядрово-заболонной древесины (с) сосны в процессе сушки в зависимости от влажности.

Выводы

1. При влажности до точки насыщения волокна ($W_{т.н} = 22\%$) модуль упругости заболонной древесины меньше, чем ядровой и ядрово-заболонной. Это можно объяснить тем, что заболонная древесина сосны более влагопроницаема, чем ядровая. Если влажность слоя ниже 10—12%, то модуль упругости центрального слоя заболонной древесины имеет большие значения, чем ядровой и ядрово-заболонной. В конце сушки модуль упругости заболонной древесины равняется $2,5 \cdot 10^3$, ядровой — $0,8 \cdot 10^3$, ядрово-заболонной $1,69 \cdot 10^3$ кгс/см².

2. После высокотемпературной сушки в перегретом паре для заболонной древесины сосны, имеющей больший модуль упругости, очевидно, должны быть и более высокие показатели прочности.

3. Найденные в процессе высокотемпературной сушки в перегретом паре значения модуля упругости древесины сосны не превышают ранее обнаруженных и описанных в литературе величин.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Я. Бурсин. Экспериментальная установка для исследования высокотемпературной сушки древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1968. [2]. Б. Н. Уголев. Внутренние напряжения в древесине при ее сушке. Гослесбумиздат, М., 1959.

УДК 634.0.867.3

К ВОПРОСУ ГАЗИФИКАЦИИ ЩЕПЫ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

С. И. ГОЛОВКОВ, И. Ф. КОПЕРИН.

ЦНИИМЭ

Основной аппарат строящихся в настоящее время энергохимических установок, предназначенных для утилизации лесосечных отходов, — газогенератор прямого процесса газификации. Производительность энергохимических установок, их экономическая эффективность и область применения во многом определяются совершенством конструкции этого аппарата и степенью соответствия его новому виду сырья — несортированной щепе из лесосечных отходов. В связи с этим целесообразно проанализировать факторы, лимитирующие производительность газогенератора и определяющие выход лесохимических продуктов.

Специфическая особенность несортированной щепы — разнообразие геометрических форм и размеров ее отдельных частей. В такой щепе содержится до 30—40% по весу коры, хвои, листьев и других органических элементов кроны. Особенности физико-механических свойств и разнообразие форм и размеров частиц определяют малую сыпучесть щепы, ее склонность к зависанию и сводообразованию при движении в бункерах дозирующих устройств, шахтах газогенераторов и других аппаратах энергетических и энергохимических установок. Щепа из лесосечных отходов содержит также довольно значительные (до 10—20%) минеральные включения. Это объясняется, с одной стороны, способностью кроны улавливать минеральные аэрозоли из воздуха, с другой, ее загрязнением в процессе трелевки и вывозки деревьев.

Газификация ствольной древесины хорошо освоена в нашей стране. Однако опыт газогенераторных станций, работающих на древесной щепе (однородной по механическому составу и свойствам) без критического разбора нельзя переносить на утилизацию лесосечных отходов.

Широкое развитие энергохимической переработки лесосечных отходов возможно при условии создания газогенератора, позволяющего устойчиво газифицировать эту щепу. Создание такого газогенератора требует изучения следующих вопросов: 1) определение формы и высоты шахты газогенератора, обеспечивающей движение по ней малосыпучей щепы без зависания; 2) разработка системы паровоздушного дутья, позволяющей получить равномерное распределение кислорода по поперечному сечению активной зоны газогенератора; 3) конструирование шуровочного устройства для непрерывного и надежного разравнивания щепы в шахте газогенератора; 4) обеспечение соответствия эпюр схода и накопления золы и шлака в шахте газогенератора; 5) ликвидация возможности образования настывлей шлака на стенках шахты газогенератора; 6) предотвращение уноса с парогазовой смесью древесной пыли и наружных частиц щепы.

Теоретические исследования [2] движения малосыпучей щепы позволили установить, что при цилиндрической форме шахты зависание щепы от действия сил трения между стенками шахты и слоем топлива маловероятно. Экспериментальные работы, проведенные на промышленном газогенераторе в Крестецком леспромпхозе, показали, что действие неправильностей геометрической формы шахты и местных неровностей ее стенок можно компенсировать небольшим уширением шахты книзу. Этим достигается надежное движение при условии, что расход топлива равномерен по всему сечению активной зоны. Равномерность расхода топлива может быть достигнута достаточной высотой зоны подготовки топлива, правильным распределением дутья по сечению, непрерывным разравниванием щепы в верхней части шахты и соответствием эпюр скоростей накопления и схода золы и шлака [1].

В слое щепы всегда есть местные уплотнения с повышенным газодинамическим сопротивлением. Во избежание прогаров слоя и нарушения его нормальной и устойчивой работы желательно в газогенераторе иметь достаточно высокую зону подготовки топлива, так как при повышении высоты слоя уменьшается влияние местных уплотнений щепы на поток паров и газов внутри слоя.

В промышленных газогенераторах для газификации ископаемых топлив шлак образуется в виде сравнительно равномерных кусков или гранул. При газификации древесной щепы минеральные включения образуют кусковой шлак, в то время, как древесная зола (при паровоздушном дутье) не плавится, а в виде очень мелкого порошка поступает в зону шлака. Вместе с угольной мелочью эта зола заполняет полости между кусками шлака. Следовательно, дутьевые органы газогенератора, работающего на древесной щепе, должны быть иными, чем у газогенераторов для ископаемого топлива. Для газогенераторов энергохимических установок целесообразно применять комбинированное — центральное и периферийно-фурменное дутье, предложенное В. А. Ляминным [4]. Для обеспечения равномерного по сечению активной зоны расходования топлива желательно, чтобы высота слоя щепы в шахте была одинакова. В ЦНИИМЭ проведены теоретические исследования и создано механическое шуровочное устройство, которое автоматически разравнивает верхний слой топлива [3]. Различие в скоростях накопления и удаления золы и шлака из шахты газогенератора резко сокращает продолжительность действия последнего. В ЦНИИМЭ выбрана форма рабочей поверхности выребных ножей и проведены опыты по определению эпюры скоростей схода шлака на промышленном газогенераторе. Устройство водяной рубашки в нижней части шахты газогенератора предотвращает образование настывлей, так как температура внутренних стенок рубашки значительно ниже температуры плавления любых шлаков и прилипание расплавленного шлака к сравнительно холодной стенке водяной рубашки практически невозможно.

В целях предотвращения уноса древесной пыли и парусных частиц из шахты газогенератора диаметр верхней части ее делают несколько больше, уменьшают высоту падения топлива из питателя, применяют верхний отбор парогазовой смеси, газоотборное устройство конструируют с расчетом наименьшей возможности возникновения местных повышенных скоростей парогазового потока [1]. Эффективность комплекса этих мероприятий была проверена на промышленном газогенераторе Крестецкого ЛПХ. Как показала практика, унос мелких частиц с парогазовой смесью незна-

чителен, качество смолы (с точки зрения содержания в ней древесных и угольных частиц) вполне удовлетворительное.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований, а также изучения опыта эксплуатации газогенераторов, работающих на древесной щепе, стало возможным создать газогенератор ЦНИИМЭ ГА-2. При разработке его конструкции были использованы результаты исследований ЛТА, ЦНИЛХИ, ИГИ АН СССР, ВНИИЖТа. В период наладки, доводки и освоения газогенератора учен опыт эксплуатации газогенераторов, работающих на щепе из лесосечных отходов и ствольной древесины. В испытаниях и доводке газогенератора ГА-2 непосредственное участие принимали специалисты Института горючих ископаемых АН СССР.

Шахта газогенератора выполнена в виде конуса, расширяющегося книзу. Это включает возможность зависания щепы в шахте. Нижняя часть шахты снабжена водяной рубашкой, предотвращающей образование настывей шлака на ее стенках. Верхняя, свободная от щепы часть шахты расширяется вверх, что способствует уменьшению уноса. Отбор парогазовой смеси из шахты газогенератора осуществляется через четыре окна в крышке и специальное газоотборное устройство. Щепа подается в шахту шнековым питателем. К юбке шахты газогенератора крепятся выгребные ножи. Взаимодействие вращающейся чаши гидрозольника и выгребных ножей обеспечивает соответствие профилей накопления и удаления шлака. Газогенератор имеет комбинированное — центральное и периферийно-фурменное дутье. На верхней крышке газогенератора смонтировано шуровочное устройство, вращающийся рабочей орган которого автоматически меняет свое положение по высоте в соответствии с изменением уровня щепы в шахте. Это дает возможность наблюдать за уровнем щепы в шахте и обеспечивать непрерывное ее разравнивание.

При проведении Государственных испытаний Крестецкой энергохимической установки в качестве сырья применяли несортированную щепу из лесосечных отходов, полученную на рубильных машинах ДУ-2.

Приводим основные показатели процесса газификации Крестецкой установки по результатам государственных испытаний [5]. Время работы газогенератора 464 час. Переработано щепы из лесосечных отходов 1300 пл. м³. Влажность щепы до сушки 47,5% отн., после сушки — 20,5% отн. Влажность полученной товарной смолы 15%, вес влажной смолы 95 т, вес безводной смолы 80,6 т. Теплота сгорания выработанного генераторного газа 1300 ккал/нм³, объем газа 849,5 тыс. нм³. Производительность газогенератора по переработке сырья 2,85 пл. м³/час, по выработке смолы (товарной, безводной) 173 кг/час, по выработке газа 1830 нм³/час. Выход товарной безводной смолы 62 кг/пл. м³.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. С. Альтшулер. Методы интенсификации работы промышленных газогенераторов. Изд-во АН СССР, М., 1955. [2]. С. И. Головков, И. Ф. Коперин. Определение и анализ условий зависания щепы из лесосечных отходов в шахте газогенератора энергохимической установки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969. [3]. И. Ф. Коперин, С. И. Головков. Определение оптимальных форм рабочего органа шуровочного устройства газогенераторов энергохимических установок. Труды ЦНИИМЭ, сборник 102, 1969, [4]. В. А. Лямин. Газификация древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967. [5]. Акт комиссии по междуведомственным испытаниям Крестецкой энергохимической установки ЦНИИМЭ от 12 декабря 1968.

УДК 62-503.55

ПРИМЕНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л. А. СПИЦЫНА

Воронежский лесотехнический институт

Цель нашей статьи — познакомить инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности с очень элементарным методом решения транспортных задач, предложенным проф. А. А. Глаголевым [1]. При арифметическом методе требуется, чтобы суммарное количество груза, имеющееся у поставщиков, равнялось суммарному количеству груза, необходимого потребителям.

Рассмотрим применение этого метода на конкретном примере. Имеются четыре леспромпхоза и четыре лесозавода. Известны ресурсы пиловочника в леспромпхозах и потребность в нем лесозаводов. Ресурсы пиловочника по леспромпхозам и потреб-

Таблица 1

Леспромхозы		Лесозаводы			
		A	B	C	D
		200	350	350	500
1	300	900	750	150	450
2	400	600	450	900	250
3	250	1200	1000	350	1100
4	450	400	1500	1300	700

ность заводов в пиловочнике в тыс. м³ даны в табл. 1, тарифная сетка задана в рублях за перевозку 1 тыс. м³ от каждого леспромхоза до каждого лесозавода. Требуется определить такой план перевозок пиловочника, чтобы затраты F на перевозку были минимальными. Условие задачи взято из книги В. В. Глотова [2].

Решение. 1) Выписываем тарифные стоимости в порядке их возрастания: 150; 250; 350; 400; 450; 450; 600; 700; 750; 900; 900; 1000; 1100; 1200; 1300; 1500.

2) В клетки с меньшим тарифом ставим большее из возможных количеств грузов: в клетку с тарифом 150 ставим число 300 (леспромхоз № 1 не имеет больше пиловочника), все остальные клетки первой строки остаются пустыми.

В клетку с тарифом 250 ставим число 400, остальные клетки второй строки остаются пустыми и т. д. Получаем один из возможных планов перевозок, он показан в табл. 2.

Таблица 2

Леспромхозы		Лесозаводы			
		A	B	C	D
		200	350	350	500
1	300	900	750	150	450
2	400	600	450	900	250
3	250	1200	1000	350	1100
4	450	400	1500	1300	700

В клетку с тарифом 350 мы могли поставить только число 50, так как лесозавод С уже получил 300 тыс. м³ из 1-го леспромхоза, а ему требуется 350 тыс. м³

3) Для нахождения оптимального плана перевозок будем рассматривать четырехугольники, состоящие из четырех, шести, девяти и т. д. клеток, у которых хотя бы в двух противоположных углах стоят ненулевые перевозки. Если сумма тарифов в противоположных клетках такого прямоугольника, в которых стоят ненулевые перевозки, больше суммы тарифов в других противоположных клетках, то такой прямоугольник называется неправильным. Задача сводится к замене всех неправильных прямоугольников правильными. Например, в табл. 2 неправильным является выделенный прямоугольник, так как $1000 + 150 > 750 + 350$. Чтобы сделать его правильным, из клеток с тарифами 1000 и 150 вычтем по 200 тыс. м³, а к клеткам с тарифами 750 и 350 прибавим по 200 тыс. м³ пиловочника. Нетрудно заметить, что суммарное количество пиловочника по строкам и графам при этом не изменится.

Таблица 3

Леспромхозы		Лесозаводы			
		A	B	C	D
		200	350	350	500
1	300	900	200 750	100 150	450
2	400	600	450	900	400 250
3	250	1200	1000	250 350	1100
4	450	200 400	150 1500	1300	100 700

Таблица 4

Леспромхозы		Лесозаводы			
		A	B	C	D
		200	350	350	500
1	300	900	200 750	100 150	200 450
2	400	600	200 450	900	200 250
3	250	1200	1000	250 350	1100
4	450	200 400	150 1500	1300	100 700

Получим табл. 3, в которой неправильным является прямоугольник, выделенный в правом углу: $750 + 250 > 450 + 450$. К клеткам с тарифами 450 и 450 прибавляем по 200 тыс. м³, из клеток с тарифами 750 и 250 вычтем по 200 тыс. м³ пиловочника (табл. 4). Здесь неправилен выделенный прямоугольник в правом нижнем углу: $250 + 1500 > 450 + 700$. К клеткам с тарифами 450 и 700 прибавим 150 тыс. м³, из клеток с тарифами 1500 и 250 вычтем по 150 тыс. м³ пиловочника. Получим табл. 5, в которой нет неправильных прямоугольников рассматриваемого вида.

Таблица 5

Леспромхозы		Лесозаводы							
		А		В		С		D	
		200		350		350		500	
1	300		900		750	100	150	200	450
2	400		600	350	450		900	50	250
3	250		1200		1000	250	350		1100
4	450	200	400		1500		1300	250	700

4) Для доказательства оптимальности полученного решения А. А. Глаголев предложил использовать нуль-преобразование. Он доказал, что, если ко всем тарифам граф и строк прибавлять или вычитать одинаковые числа, то оптимальность решения не нарушается. Если при помощи указанных операций удастся получить нулевые тарифы во всех непустых клетках, а остальные тарифы при этом останутся неотрицательными, то в новой таблице F будет равняться нулю, а следовательно, давать минимальное значение.

Если над тарифной сеткой табл. 5 провести преобразования: от тарифов первой строки вычесть 150, к тарифам второй строки прибавить 50, от тарифов третьей строки вычесть 350, от тарифов четвертой строки вычесть 400, от тарифов второй графы вычесть 500 и от тарифов четвертой графы вычесть 300, мы получим нуль-преобразование, которое показывает оптимальность найденного решения. Решение задачи записано в табл. 5

$$F_{min} = 617,5 \text{ тыс. руб.}$$

При решении задачи не следует составлять различные таблицы. Данные наносят на плотную бумагу чернилами, промежуточные вычисления продельвают карандашом, по мере их использования стирают.

Если неправильных прямоугольников несколько, то сначала преобразуют тот, который имеет большую экономическую мощность. Под экономической мощностью подразумевается число, на которое уменьшатся транспортные расходы, если данный неправильный прямоугольник заменить правильным.

Рассмотренная задача решена В. В. Готовым модифицированным распределительным методом (методом Моды), при этом потребовалось проделать пять итераций, вычисляя каждый раз новые коэффициенты.

Арифметический метод А. А. Глаголева очень прост, и вычисления существенно не зависят от увеличения количества поставщиков и потребителей.

Если задача открытая, то есть суммарные ресурсы поставщиков больше суммарных количеств грузов, необходимых потребителям, при расчетах следует ввести фиктивного потребителя.

Арифметическим методом можно пользоваться при решении задач о распределении и подсчете мощностей проектируемых промышленных предприятий. В этом случае задача, как правило, является открытой. Если окажется, что какое-то проекти-

руемое предприятие всю или основную часть выпускаемой продукции должно поставлять фиктивному потребителю, то это предприятие открывать не следует или необходимо понизить его проектируемую мощность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Глаголев. Введение в линейное программирование. М., 1961.
[2]. В. В. Глотов. Применение линейного программирования в лесной промышленности. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965.

УДК 66.062.224

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ДИПЕНТЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ХЛОРИСТОГО АЛЮМИНИЯ В ПРИСУТСТВИИ БЕНЗОЛА

Ю. П. КЛЮЕВ, А. И. ЛОМОТКИН, А. И. СТАНЧИК

Белорусский технологический институт

Многочисленными работами [9], [10], [11], [13], [14], [15], [16], [18] установлено, что качественный состав изомерных веществ, образующихся при каталитических превращениях дипентена под действием различных протонных кислот, почти одинаков. Изомерные вещества, в основном, содержат α - и γ -терпинены, терпинолен, изотерпинолен, 3,8(9) — п-ментadiен. Полимерные продукты реакции главным образом состоят из димеров.

Значительно меньше работ посвящено изучению катализа дипентена под действием апротонных кислот — галондов металлов [7], [8], [12], [17]. В этих работах охарактеризованы полимерные продукты и почти отсутствуют данные о составе мономерных веществ.

Ранее нами [5] было показано, что дипентен под действием хлористого алюминия подвергается только полимеризации. Летучие продукты реакции содержат один непрореагировавший дипентен. Так как при взаимодействии хлористого алюминия с бензолом образуются соляная и алюмохлористоводородная (HAlCl_4) кислоты, которые являются типичными протонными кислотами, то определенный интерес представляет изучить продукты катализа дипентена под действием хлористого алюминия в присутствии бензола. С этой целью и была поставлена настоящая работа.

Исходный дипентен был выделен из его концентрата путем последовательной двукратной перегонки на ректификационных колонках эффективностью 35 и 90 т. т. при остаточном давлении 14—15 мм рт. ст. Выделенный дипентен имел следующие константы: $n_D^{20} = 1,4730$; $d_4^{20} = 0,8434$; $[\alpha]_D^{20} = 70^\circ$, $T_{\text{кип}} = 1178^\circ\text{C}$. Дипентен был охарактеризован через тетрабромид с температурой плавления $124,5^\circ$. В качестве катализатора брали безводный очищенный хлористый алюминий. Растворителем служил бензол марки ХЧ, перегнанный над металлическим натрием.

Полимеризацию дипентена проводили в литровой трехгорлой колбе, снабженной гидрозатвором, обратным холодильником и термометром. Температуру реакционной смеси поддерживали при помощи ультратермостата. С целью предотвращения окисления продуктов реакции через колбу непрерывно пропускали CO_2 . Для опыта брали 300 г (80 моль %) дипентена и 43,5 г (20 моль %) бензола. После тщательного перемешивания реакционной смеси и установления постоянной температуры 20°C в колбу внесли 5,88 г (2 моль % по отношению к дипентену) хлористого алюминия. За ходом реакции следили по изменению коэффициента преломления, который в процессе реакции непрерывно возрастал. Опыт был остановлен при коэффициенте преломления 1,5130.

По окончании опыта продукты отфильтровывали от катализатора, отмывали горячей дистиллированной водой от хлористого алюминия и высушивали над прокаленным CaCl_2 . Затем бензол отгоняли на глицериновой бане при температуре 110°C и атмосферном давлении. Полученные продукты катализа разгоняли под разрежением при остаточном давлении 5—10 мм рт. ст. В результате было получено 19,5% мономеров, 31,0% димеров и 49,5% полимеров со степенью полимеризации свыше двух. Выделенные мономерные вещества разгоняли на ректификационной колонке эффективностью 90 т. т. при остаточном давлении 14—15 мм рт. ст.

График разгонки легколетучих веществ приведен на рис. 1. На основании физико-химических констант выделенных фракций предположили, что мономерные продукты содержат минимум шесть индивидуальных веществ (зоны I—VI). Подтверждением:

может служить хроматограмма моно-мерных веществ (рис. 2), снятая на универсальном газовом хроматографе марки УХ-1. При хроматографировании в качестве стационарной неподвижной жидкой фазы использовали полиэтиленгликольдиат в количестве 20% от веса твердой фазы. Твердой фазой служил хромосорб W (100—140 меш.) Длина колонки 4,5 м, диаметр 0,4 см. Температура 125°C. Скорость газ-носителя (Н₂) 100 мл/мин.

Фракции зон I и IV наиболее близки по физическим константам к п-ментену-3 и п-цимолу. С целью выделения веществ этих зон в более чистом виде фракции дополнительно очищали от непредельных углеводородов при помощи вытеснительной колоночной хроматографии. Адсорбентом служил Al₂O₃ (II степень активности), элюентом — этанол. Отношение количества адсорбента к веществу 25:1 и 15:1.

Для доказательства того, что зона I содержит п-ментен-3, по методике [1] получили нитрозохлорид с т. пл. 128°C, что соответствует литературным данным для нитрозохлорида п-ментена-3. Так как количество α-терпинена в смеси незначительно (рис. 2), то присутствие его во фракциях зоны II было доказано при помощи ГЖХ методом подсадки и времени удерживания чистого α-терпинена.

На основании литературных данных, а также физико-химических констант выделенных фракций зоны III мы предположили, что эта зона содержит непрореагировавший дипентен. Из фракций зоны III по методике [4] получили тетрабромид с т. пл. 124°C (перекристаллизация из этилацетата), что соответствует литературным данным о температуре плавления тетрабромид дипентена. Далее предположили, что зона IV содержит п-цимол. Для доказательства по методике [6] получили терфталевую кислоту с т. суб. 309°C и диметилловый эфир этой кислоты с т. пл. 140°C, что соответствует литературным данным.

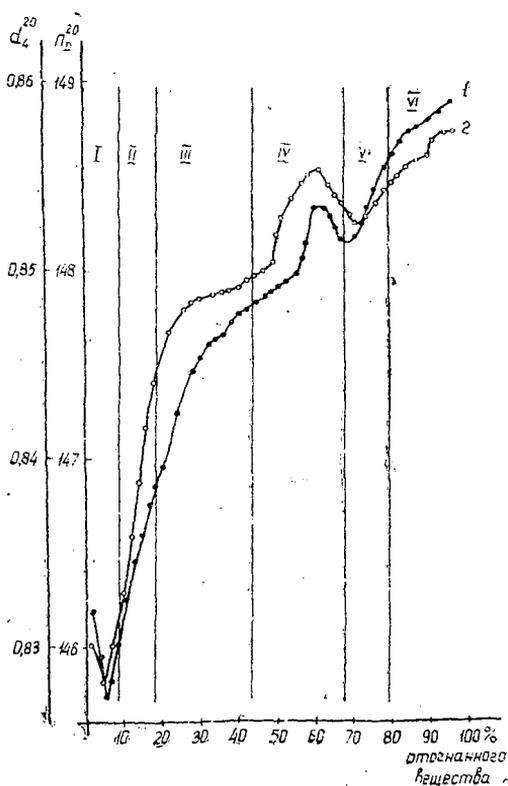
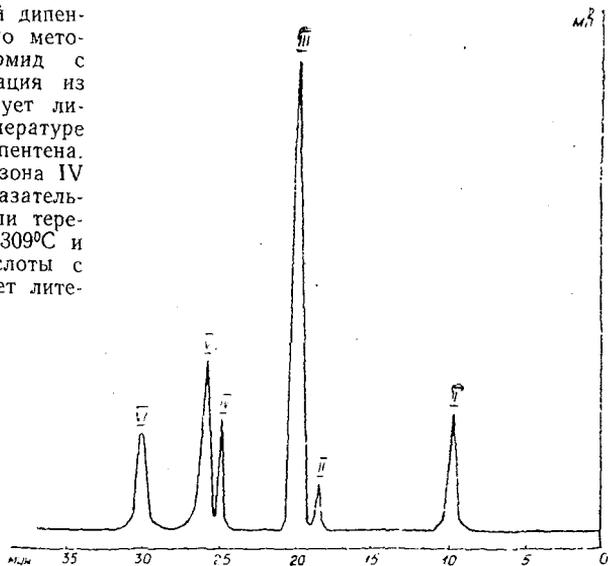


Рис. 1.

1 — для коэффициента преломления (n_D^{20});
2 — для удельного веса (d_4^{20}).

Рис. 2.

I — п-ментен-3; II — α-терпинен;
III — дипентен; IV — п-цимол;
V — γ-терпинен; VI — терпинолен.



Физические константы выделенных фракций зоны V наиболее близки к литературным данным для γ-терпинена. Из фракций зоны V по методике [2] получили нитро-

зат с т.пл. 116°, что также соответствует литературным данным. Для зоны VI предположили, что она содержит терпинолен. Для доказательства этого по методике [3] получили тетрабромид терпинолена с т.пл. 116°C, что соответствует литературным данным.

Образование изомерных веществ, по нашему мнению, можно объяснить при помощи карбоний-ионного механизма по схеме I.

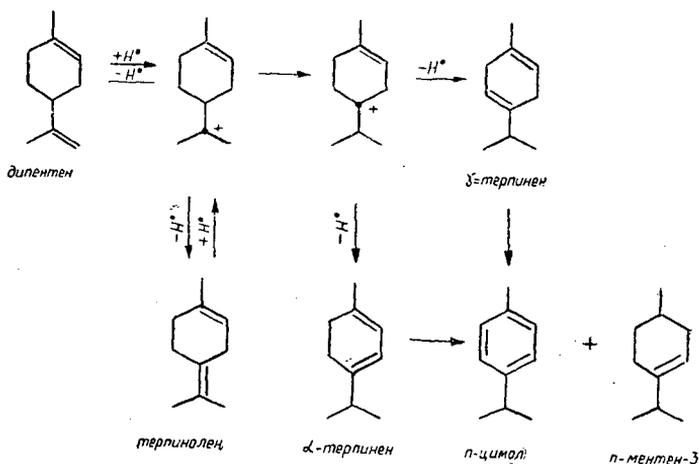


Схема I

Нами также были определены некоторые физико-химические константы продуктов полимеризации дипентена: для димеров $n_D^{20} = 1,5160$, $d_4^{20} = 0,9270$; $M = 270$; для полимеров $n_D^{20} = 1,5460$; $d_4^{20} = 0,9840$; $M = 585$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Известия АН КазССР, Алма-Ата, 1962, 207—208. [2]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Известия АН КазССР, Алма-Ата, 1962, 209. [3]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Известия АН КазССР, Алма-Ата, 1962, 231. [4]. М. Горяев, И. Плива. Методы исследования эфирных масел. Известия АН КазССР, Алма-Ата, 1966, 206. [5]. Ю. П. Ключев, А. И. Ломоткин, Каталитическое превращение дипентена под действием хлористого алюминия. Сб. «Материалы научно-технических конференций по итогам научных работ за 1968 г.», БелТИ, Минск, 1969. [6]. И. И. Назаров. Избранные труды АН СССР, серия химическая, 9, 1956, 50. [7]. В. Г. Плюснин, С. И. Черткова. Полимеризация индивидуальных терпенов под действием фтористого бора. ЖПХ, 19, 8, 1956. [8]. А. М. Рожков. О полимеризации дипентена и α -пинена. Известия Сибирского отделения АН СССР, № 7, 1958, 23—28. [9]. Г. А. Рудаков. О каталитических превращениях дипентена над активированной глиной, ЖОХ, 18, 10, 1940, 1673—1681. [10]. И. С. Саттор-Заде. Изучение оптической активности при превращениях лимонена под действием активированных глин. Доклады АН АзССР, 9, № 5, 1952, 279—282. [11]. Ю. И. Слободин. Изомеризация циклических углеводородов с изолированной системой двойных связей. ЖОХ, 6, 1936, 129—136. [12]. M. O. Carmody, W. H. Carmody. Polymerization of terpenes. J. Amer. Chem. Soc., 59, 1937, 1312. [13]. H. E. Eschinazi, H. Pines. Disproportionation of α -limonene in the presence of palladium hydroxide-barium sulfate catalyst. J. Amer. Soc., 78, № 6, 1956, 1176—1178. [14]. G. L. Hunter, W. B. Brogden. Isomerization and disproportionation of α -limonene on silicagel. J. Organ. Chem., 28, № 6, 1963, 1679—1682. [15]. H. Pines, H. E. Eschinazi. Sodium catalyzed double migration and dehydrogenation of limonene, α -phellandrene and 2,4(8) and 3,8(9)-p-menthadiene. J. Amer. Chem. Soc., 77, № 23, 1955, 6314—6321. [16]. M. C. Punoose, V. James. Transformations of some terpenoids with chloranil. J. Ind. Chem. Soc., 39, № 16, 1962, 835—843. [17]. W. J. Roberts, A. R. Day. A study of the polymerization of α - and β -pinene with Friedel-Crafts Type Catalysts. J. Amer. Chem. Soc., 72, № 3, 1950, 1226—1231. [18]. G. Sigrid, Z. Werner. Sourekatalysierte umwandlung in der monoterpenreihe. J. Z. Chem., 6, № 14, 1966, 138—146.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

О КНИГЕ «КАНАТНЫЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫЕ УСТАНОВКИ» *

В книге авторы приводят данные из опыта использования канатных лесотранспортных установок в ряде областей Советского Союза. Сообщают сведения о существующих и применяемых конструкциях и знакомят с результатами многолетних исследований износоустойчивости тяговых и несущих канатов канатных установок. Авторами проверены экспериментально многие теоретические положения по расчету канатов подвесных установок как гибких нитей с малыми стрелками и закрепленными концами, так и наземных рельсовых дорог. Полученные выводы могут быть положены в основу при дальнейшем совершенствовании специальных видов внутрилесосечного горного транспорта. В книге дана характеристика применяемых на производстве конструкций установок и предложены рекомендации по их эксплуатации.

Авторы внесли существенный вклад в углубление теории канатной трелевки леса, а приводимые ими примеры дают возможность получить представление о состоянии и перспективах развития этого вида транспорта в СССР.

Книга включает в себя предисловие и девять глав (в двух разделах). В предисловии говорится, в каких районах СССР применяется канатная трелевка леса и где ее необходимо применять в связи с освоением недоступных высокогорных массивов. Стоимость транспортировки древесины составляет 60—65% общей стоимости лесопroduкции. Наличие хорошо построенных лесовозных дорог, густая их сеть и надежные транспортные машины позволяют снизить расходы по перевозке древесины. Поэтому в решении общей задачи комплексной механизации самое большое значение имеет решение вопроса механизации подвозки и спуска древесины.

В первом разделе книги трактуются вопросы устройства и использования канатных установок (главы 1—4). В первой главе говорится о назначении лесотранспортных канатных установок и приводится их классификация. Во второй главе обсуждаются возможности использования различных типов канатных установок. Освещаются топографические условия, экономические и лесохозяйственные требования, методы разработки лесосек; требуемая производительность, размеры и вес транспортируемых грузов, запас древостоя, условия вывозки и т. п. В главе третьей дается подробное описание всех известных типов канатных установок, построенных или используемых в СССР. Глава четвертая описывает наземные рельсовые канатные дороги.

Второй раздел книги (главы 5—9) посвящен характеристике канатов, используемых для оснастки лесотранспортных установок. В главе пятой анализируются особенности эксплуатации канатов, даются рекомендации по их выбору применительно к способам трелевки леса. На основании проведенных испытаний рекомендуется коэффициент запаса прочности. Эта рекомендация сделана в соответствии с исследованиями проф. Дукельского, академика Савана, Бессонова и других авторов. Для практики это однозначное установление коэффициента имеет большое значение, так как позволяет увеличить натяжение каната, чем повышается прочность дороги и таким образом обеспечивается более плавный переход грузовой каретки через промежуточные опоры. Кроме того, при большем натяжении можно использовать более тонкие и, следовательно, более легкие канаты, манипулировать которыми проще. Очень ценной является глава шестая, в которой описаны измерительные приборы, методы и результаты экспериментальных исследований запаса прочности канатов. Объектами исследований были воздушно-трелевочные установки ВТУ-1,5, ВТУ-3 и канатно-рельсовые дороги. На основании проведенных исследований сделаны некоторые общие выводы. Глава седьмая посвящена расчету канатов подвесных установок. Приведены общие сведения по истории вопроса, даны формулы расчета, рекомендуется метод практического определения монтажного натяжения, высоты промежуточных опор и условий гравитационного движения груза. В дополнение к теоретическим положениям приводятся числовые примеры, в которых результаты расчета сравниваются с опытными данными. В главе восьмой рассматриваются вопросы расчета канатов наземных рельсовых дорог: с движущимися канатами и неподвижным канатом. В главе девятой даются практические примеры применения приведенных формул.

В книге даны приложения: таблица результатов испытания ВТУ-3, расчетов максимального натяжения каната, технико-экономических показателей используемых канатных установок и др. Книга своим содержанием исчерпывает основную проблематику канатных лесотранспортных установок и является ценным вкладом в научную литературу по канатным установкам.

П. РОШКО
(НИИЛХ, Оравский Подзамок)

* Н. М. Белая, А. Г. Прохоренко. Канатные лесотранспортные установки. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

И. М. Боховкин, Е. С. Романов. Планы партии — наши планы!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н. Н. Свалов.</i> Об оценке факторов возобновления таежных лесов	1
<i>В. М. Еремин, П. Б. Раскатов.</i> Различия в микроструктуре коры елей, произрастающих на Сахалине	1
<i>А. Д. Лозовой.</i> О динамике видового состава и ходе роста смешанных кленово-липовых дубняков	1
<i>Н. Н. Соколов.</i> Характер естественного изреживания сосновых древостоев	1
<i>В. И. Ивченко.</i> Влияние механических повреждений на рост вяза мелколистного в несомкнувшихся лесных полдсах	1
<i>Е. Г. Поляков, Е. Ю. Полякова.</i> Биологическая активность почв осушенных болот Украинского Полесья и их лесокультурное освоение	1
<i>А. С. Тихонов.</i> Новый метод перечислительной таксации молодняков	2

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С. А. Боровский.</i> Влияние эксплуатационных факторов на тяговые характеристики подающих элементов гусеничного движителя	2
<i>Б. В. Уваров.</i> Расчет балок конечной длины на упруго-вязком весомом основании при подвижной нагрузке	3
<i>Н. И. Козленков.</i> Результаты исследования параметров гидравлических ускорителей эжекторного типа (ЭГУ)	3
<i>В. Г. Данчук.</i> Определение долговечности рессор лесовозного автомобиля в условиях эксплуатации по заданным нагрузочным режимам	4
<i>А. А. Митрофанов, К. А. Чекалкин.</i> О критериях подобия при моделировании неустановившегося движения плотов	4

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В. И. Королев.</i> Особенности анизотропии толстослойной фанеры, составленной из четного числа слоев шпона, при изгибе	51
<i>В. К. Пащков, В. Г. Бодалев.</i> Номограмма для выбора режимов работы дисковыми пилами	57
<i>М. С. Мовнин, И. А. Елин, Е. И. Розин, Ю. Г. Доронин.</i> О повышении свойств древесностружечных пластинок для подшипников судовых механизмов	60
<i>В. Н. Петри, З. И. Подойникова.</i> О термообработке лигноуглеводных древесных пластинок	66
<i>Ю. И. Юрьев, В. И. Веселков.</i> К расчету режимов вальцевания ленточных плл	69
<i>И. М. Дыскин.</i> К вопросу об учете сбега бревен в производстве строганого шпона	75
<i>А. Д. Лазарева, З. А. Юсупова.</i> Эффективность моделирования процесса получения древесных пластинок	81
<i>Л. П. Потяркин.</i> Критерии неравномерности вращения коленчатого вала лесопильной рамы	84
<i>А. Л. Синькевич, Л. А. Емельянова.</i> Ударная твердость древесины бука европейского	89

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В. Н. Вихрева, Л. Н. Наткина, А. М. Кутневич, Н. Я. Солечник.</i> Исследование продуктов взаимодействия лигнина с сополимером методом ИК-спектроскопии	92
<i>Б. С. Филиппов.</i> Влияние плотности черного щелока на выделение сульфатного мыла	94
<i>Р. З. Пен, Л. Г. Хаустова, Г. М. Иоффе.</i> Целлюлоза из древесины лиственницы. Сульфатная варка даурской лиственницы	96
<i>В. Н. Пилякин, Н. А. Иванов, А. Г. Олейник, А. В. Шагин.</i> Кислоты и фенолы головной фракции таллового масла	100
<i>Г. Ф. Потуткин, Г. Л. Дранишников.</i> О взаимосвязи химических изменений компонентов древесины со свойствами древесностружечных плит	102
<i>В. В. Луданов, И. В. Шишкина.</i> Кинетика некоторых превращений целлюлозы и ее производных. Окислительная деструкция целлюлозы в щелочной среде	104

Таблица 1

Возраст, лет	Таксационные признаки																					
	ярус	состав	ярусов							древостоев основных пород												
			средняя высота, м	средний диаметр, см	сумма площадей сечений, м ²	число стволов, шт.	запас ствольной древесины в коре, м ³	изменение запаса в коре, м ³		сумма промежуточно-го пользования	общая продуктивность, м ³	прирост, м ³		порода	средняя высота, м	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей сечений, м ²	запас ствольной древесины в коре, м ³	видовое число	изменение запаса в коре, м ³	
среднее	текущее	средний	текущий	среднее	текущее																	
10	I	33Б30Ос16Лп14Ив2Кл1Ил4Лщ	5,6	3,0	8,0	10738	28	2,8		6	41	4,1	—	Б	6,0	3,6	2870	2,9	9,4	560	0,9	—
	Ос	5,4	2,6	5200	2,6	8,5	750	0,9	—													
														Ив	5,6	3,1	1267	1,0	4,1	763	0,4	—
														Лп	5,4	4,1	1015	1,3	4,5	620	0,4	—
	II	32Д41Лп18Кл9Ил	3,3	1,8	2,3	9000	7	0,7						Д	3,5	2,1	2480	0,8	2,6	900	0,3	—
														Лп	3,1	1,6	4626	0,9	2,7	931	0,3	—
														Кл	3,4	2,0	1223	0,4	1,2	923	0,1	—
														Ил	3,2	1,8	670	0,2	0,5	926	—	—
20	I	52Б30Ос15Ив3(Кл,Ил,Лп)	9,2	5,7	5,9	2276	30	1,5		24	112	5,6	7,1	Б	9,5	6,1	1089	3,2	15,9	530	0,8	0,7
	Ос	9,2	5,2	800	1,7	8,7	554	0,4	—													
														Ив	8,1	6,0	332	0,9	4,3	570	0,2	—
	II	37Д50Лп9Кл4Ил	6,8	5,0	11,9	5950	58	2,9	5,3					Д	6,6	5,0	2190	4,5	21,0	697	1,0	1,8
														Лп	7,2	5,3	2710	6,0	29,6	687	1,5	2,7
														Кл, Ил	6,4	4,8	1050	1,4	7,4	—	0,4	0,6
30	I	45Д38Лп3Кл2Ил7Б3Ос2Ив	10,3	8,3	22,3	4112	139	4,6	5,1	50	189	6,3	7,7	Д	10,3	8,1	1930	10,0	61,0	598	2,1	4,0
														Лп	10,0	8,4	1512	8,5	54,0	644	1,8	2,4
														Б	12,4	8,7	264	1,6	10,9	520	0,4	-0,6
														Ос	11,3	8,1	130	0,7	4,2	550	0,1	-0,5
40	I	55Д34Лп2Кл2Ил4Б3Ос	13,1	12,1	25,0	2173	187	4,7	4,8	81	268	6,7	7,9	Д	13,5	11,8	1260	13,7	102	556	2,6	4,1
														Лп	12,8	12,6	680	8,5	64	590	1,6	1,0
50	I	60Д32Лп2Кл1Ил3Б2Ос	15,8	16,2	27,1	1315	232	4,6	4,5	116	348	6,9	8,0	Д	16,4	16,0	819	16,5	138	513	2,8	3,6
														Лп	15,5	16,8	350	8,6	74	542	1,5	1,0
60	I	63Д32Лп1Кл1Ил2Б1Ос	18,5	20,6	28,6	858	270	4,5	3,8	155	425	7,0	7,7	Д	18,8	20,3	549	18,2	168	492	2,8	3,0
														Лп	18,2	21,0	263	9,1	87	511	1,4	1,3
70	I	64Д32Лп1Кл1Ил1Б1Ос	20,8	24,4	29,8	636	302	4,3	3,2	190	492	7,0	6,7	Д	21,0	24,5	409	19,2	194	480	2,8	2,6
														Лп	20,6	24,1	208	9,5	97	490	1,4	1,0
80	I	66Д32Лп1Кл1Ил	22,6	27,7	30,8	513	327	4,1	2,5	221	548	6,8	5,6	Д	22,8	28,6	317	20,4	216	468	2,7	2,2
														Лп	22,5	26,1	183	9,8	105	476	1,3	0,8
90	I	67Д32Лп1Кл	24,0	30,8	31,7	426	349	3,9	2,2	248	597	6,6	4,9	Д	24,3	32,7	251	21,2	234	456	2,6	1,8
														Лп	23,5	27,8	168	10,1	112	472	1,2	0,7
100	I	68Д32Лп, ед. Кл	25,1	33,6	32,4	367	368	3,7	1,9	274	642	6,4	4,5	Д	25,5	36,7	208	22,0	250	446	2,5	1,6
														Лп	24,2	28,9	157	10,3	117	463	1,2	0,5
110	I	68Д32Лп	25,8	36,1	33,1	323	386	3,5	1,8	299	685	6,2	4,3	Д	26,2	40,6	176	22,7	264	442	2,4	1,4
														Лп	24,5	30,0	147	10,4	122	463	1,1	0,5

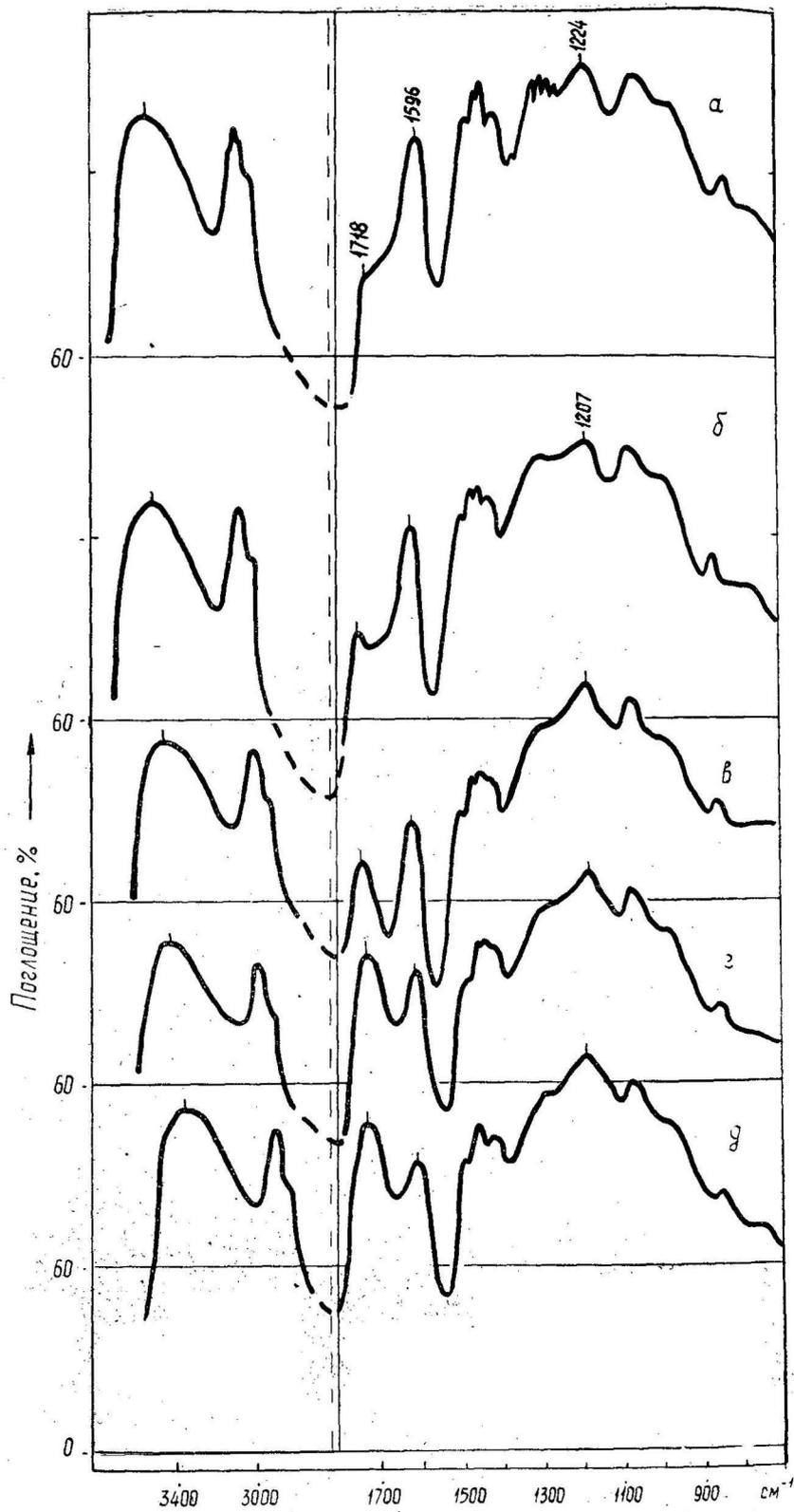


Рис. 1. ИК-спектры поглощения препаратов лигнина, выделенных из березовых опилок: *а* — исходных; *б* — обработанных малеиновым ангидридом в количестве 5%; *в* — 10%; *г* — 25%; *д* — 50% от веса опилок.

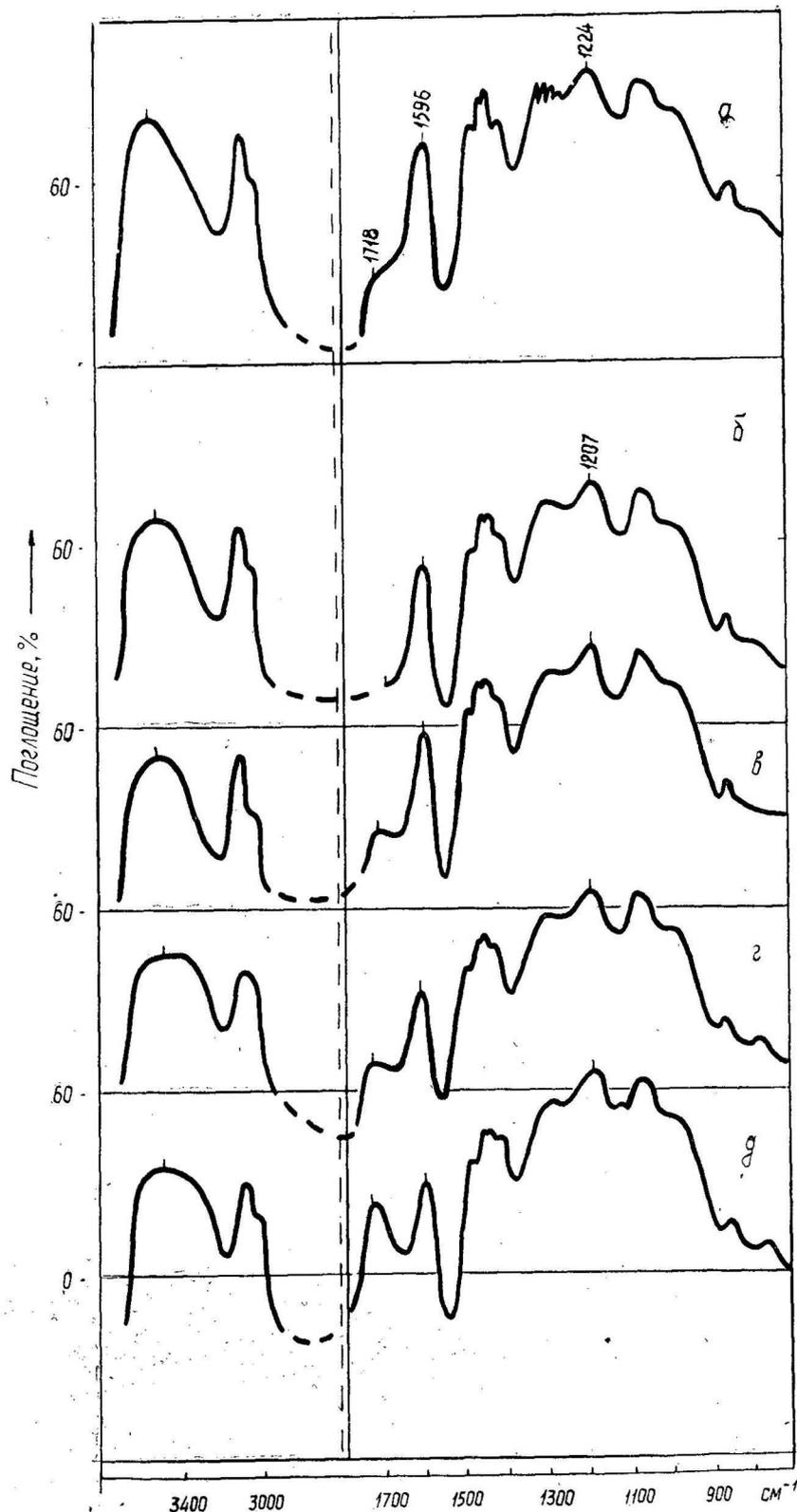


Рис. 2. ИК-спектры поглощения препаратов лигнина, выделенных из березовых опилок: *а* — исходных; *б* — обработанных янтарным ангидридом в количестве 5%; *в* — 10%; *г* — 25%; *д* — 50% от веса опилок.

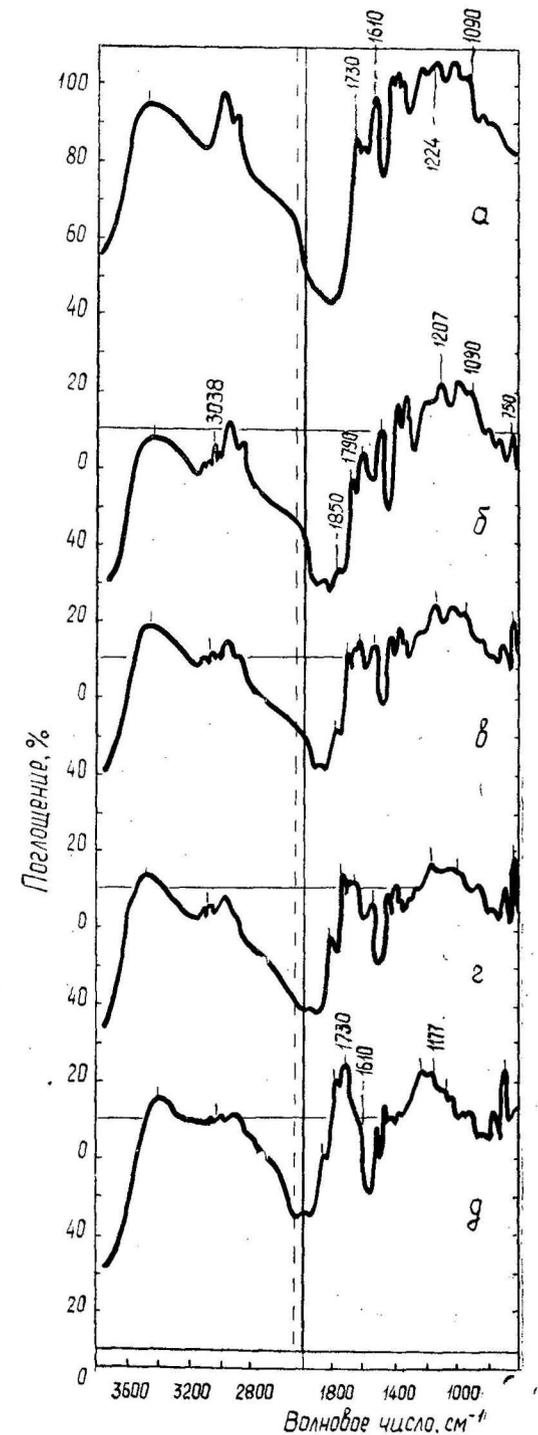


Рис. 3. ИК-спектры поглощения препаратов лигнина, выделенных из исходных березовых опилок (*а*) и из пресскомпозиций, полученных обработкой опилок смесью мономеров при соотношениях стирол — малеиновый ангидрид (%): *б* — 95 : 5; *в* — 90 : 10; *г* — 75 : 25; *д* — 50 : 50.

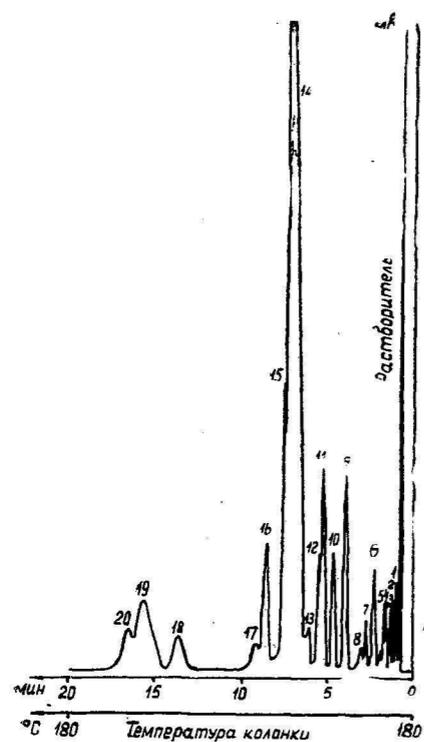


Рис. 1. Хроматограмма метиловых эфиров карбоновых кислот головной фракции. Неподвижная фаза — полиэтиленгликольадипат в количестве 15% от силоселя С-22 (80—100 меш.). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 3 м. Газ-носитель — гелий, расход 3 л/час. Детектор — катарометр, ток моста 150 мА. Масштаб записи 1 мВ. Температура дозатора 200°C, детектора — 250°C, колонки — 185°C.

1 — капроновая кислота; 3 — каприловая; 5 — каприновая; 6 — лауриновая; 9 — миристиновая; 11 — неопальмитиновая; 14 — пальмитиновая; 18 — стеариновая; 19 — олеиновая; 20 — линолевая.

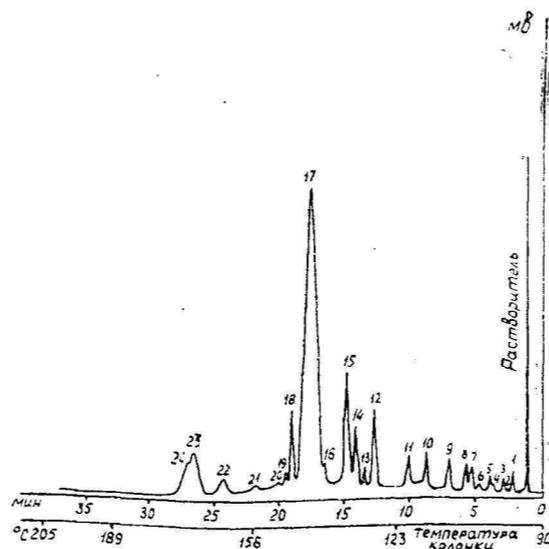


Рис. 2. Хроматограмма метиловых эфиров карбоновых кислот головной фракции на полярной фазе с программированием температуры. Неподвижная фаза — полиэтиленгликольадипат в количестве 5% от хромосорба W (60—80 меш.). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 3 м. Газ-носитель — гелий, расход 4 л/час. Детектор — пламенно-ионизационный. Температура дозатора 200°C, детектора — 250°C, колонки — программируется от 90 до 205°C со скоростью 3°C/мин.

1 — капроновая кислота; 5 — каприловая; 9 — каприловая; 11 — лауриновая; 14 — миристиновая; 17 — пальмитиновая; 22 — стеариновая; 23 — линолевая.

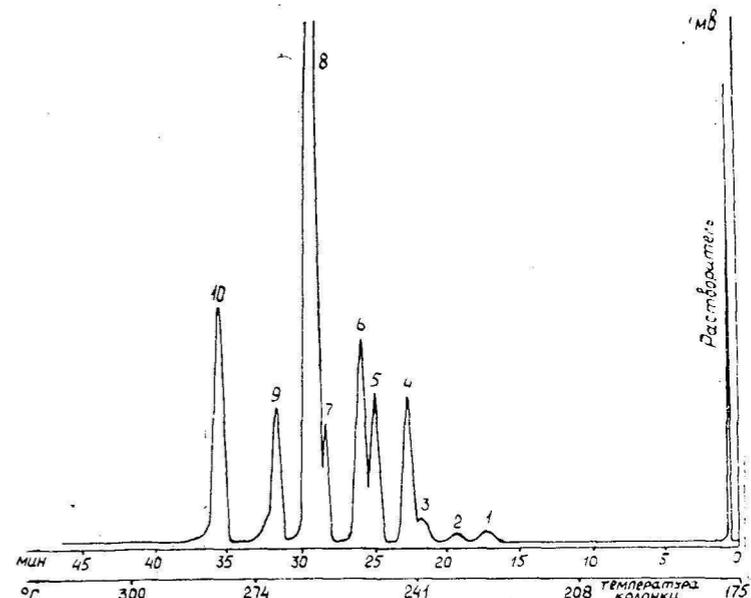


Рис. 3. Хроматограмма метиловых эфиров карбоновых кислот головной фракции на неполярной фазе с программированием температуры. Неподвижная фаза — апиэзон L в количестве 5% от хромосорба W (80—100 меш.). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 3 м. Газ-носитель — гелий, расход 4 л/час. Детектор — пламенно-ионизационный. Температура дозатора 250°C, детектора 300°C, колонки — программируется от 175 до 300°C со скоростью 3°C/мин.

1 — лауриновая кислота; 4 — миристиновая; 8 — пальмитиновая; 10 — стеариновая.

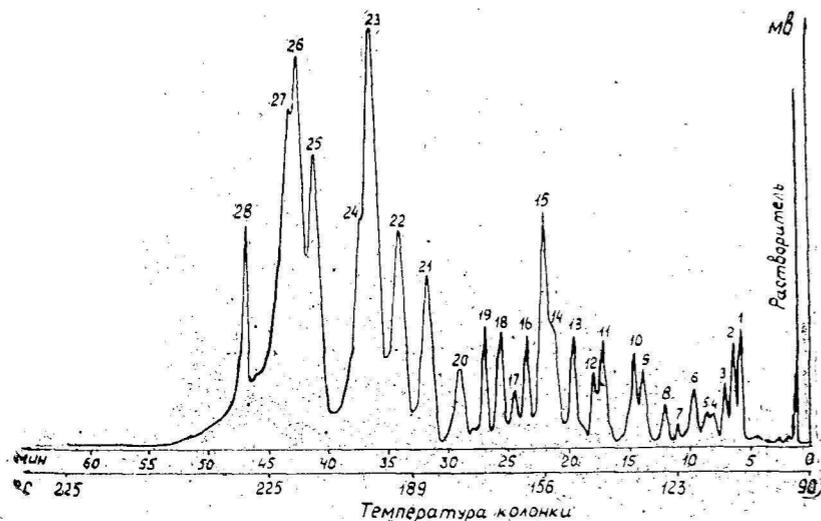


Рис. 4. Хроматограмма свободных карбоновых кислот головной фракции. Неподвижная фаза — полиэтиленгликольсукцинат 3%+1% ортофосфорной кислоты от хромосорба (80—100 меш.). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 3 м. Газ-носитель — азот, расход 3 л/час. Детектор — пламенно-ионизационный. Температура дозатора 250°C; детектора — 300°C; колонки — программируется от 90 до 225°C со скоростью 3°C/мин.

1 — пропионовая кислота; 2 — н-масляная; 3 — изо-валериановая; 4 — н-валериановая; 6 — капроновая; 11 — каприловая; 15 — каприновая; 19 — лауриновая; 21 — миристиновая; 23 — пальмитиновая; 26 — стеариновая.

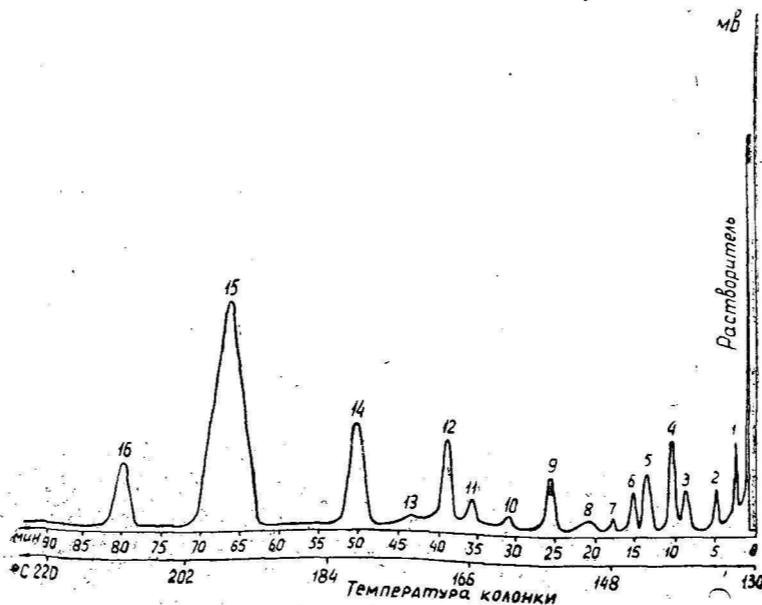


Рис. 5. Хроматограмма фенолов головной фракции. Неподвижная фаза — силиконовое масло ОЕ-4011 (полифенилметилсилоксан, ГДР) в количестве 15% от целита 545 (80—100 меш., Англия). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 3 м. Газ-носитель — водород, расход 4 л/час. Детектор — катарометр, ток моста 180 мА. Масштаб записи 2 мВ. Температура дозатора 250°C; детектора — 275°C.

2 — фенол; 3 — м-крезол + п-крезол; 4 — гваякол; 5 — 4-метилгваякол; 6 — 2,4-ксиленол; 7 — 2,6-ксиленол; 8 — пирокатехин; 9 — 4-этилгваякол; 10 — 4-метилпирокатехин; 11 — 4-пропилгваякол; 12 — 2,6-диметоксифенол; 14 — 4-метил-2,6-диметоксифенол; 15 — 4-этил-2,6-диметоксифенол; 16 — 4-пропил-2,6-диметоксифенол.

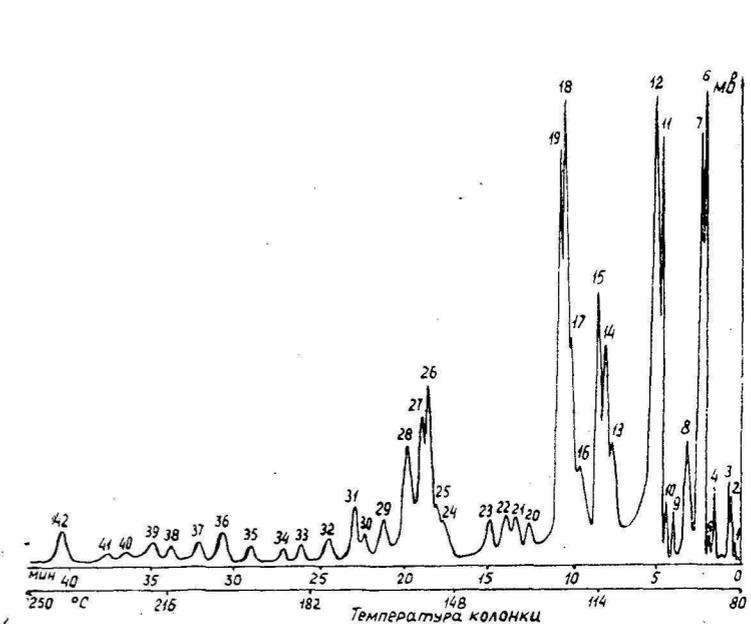


Рис. 6. Хроматограмма нейтральных веществ I головной фракции. Неподвижная фаза — силиконовый эластомер Е-30 (Англия) в количестве 3% от хромосорба (80—100 меш.). Колонка из нержавеющей стали, $d_{вн}=4$ мм, длина 2 м. Газ-носитель — гелий, расход 3 л/час. Детектор — пламенно-ионизационный. Температура дозатора 300°C, детектора — 300°C, колонки — программируется от 80 до 250°C со скоростью 4°C/мин.

Цена 1 руб.

Индекс 70368

**Подписывайтесь
на журнал на 1971 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИИ»
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР**

Раздел

„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“

«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: Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

- А. Ф. Николаев. Влияние модуля упругости фанерного сырья на устойчивость процесса лущения _____ 108

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Н. П. Глуханов, А. Г. Опарин. О перспективах применения конвективно-высокочастотной сушки пиломатериалов _____ 113
- А. Ф. Гаврилов. Эффективность использования основных производственных фондов горных лесозаготовительных предприятий (на примере Краснодарского края) _____ 114
- Л. Е. Чивиксин. Экономическая эффективность переработки низкокачественной древесины на технологическую щепу _____ 117

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- В. И. Вохминцев. О возрастной структуре некоторых лиственно-еловых древостоев Марийской АССР _____ 122
- М. Н. Егоров. О возобновлении сосновых насаждений Билимбаевского лесхоза _____ 124
- Э. Д. Лобжанидзе, А. А. Канделаки. Особенности деятельности камбия стволов и корней пихты кавказской разных поколений _____ 126
- А. А. Листов. О гроздевидном плодоношении сосны в подзоне северной тайги _____ 129
- Л. П. Зайченко. Влияние ошибок контроля на оценку правильности и точности лесотаксационных измерений _____ 130
- Н. А. Воронков, В. М. Невзоров. О сезонной динамике хлорофилла в хвое культур сосны _____ 132
- О. Н. Букзеева. К экологии точечной смолевки (*Pissodes notatus* F.) _____ 135
- В. Ф. Денчик. Эвкоммия в лесных культурах _____ 137
- Ш. С. Сефиханов. Изменение плодового подлеска с возрастом лесных насаждений при разных полнотах _____ 138
- А. С. Яковлев. Опыт применения гетероауксина при подготовке однолетних сеянцев дуба черешчатого к посадке _____ 139
- В. М. Борисов. Искусственное возобновление на вырубках в дубняках . . . _____ 142
- В. Я. Харитонов. О качении бревен по направляющим в воде _____ 145
- С. И. Грубов. Влияние смазки на величину статического коэффициента сопротивления перемещению неокоренной древесины $\delta_{\text{ст}}$ _____ 148
- Ю. А. Варфоломеев. Использование безразмерных параметров для расчета пневматических цилиндров _____ 149
- Б. И. Кошуняев, А. А. Пижурич, В. Р. Фергин. Качество обработки при продольном пилении древесины дисковыми пилами _____ 151
- И. С. Гелес. Микроскопическое и электронномикроскопическое изучение третичной стенки трахеид еловой древесины _____ 154
- Р. А. Иванчуков, Б. И. Огарков. Релаксация напряжений прессованной древесины при сжатии поперек волокон _____ 157
- П. Ф. Куроптев. Определение коэффициента резкости разметочных линий . . . _____ 159
- Ю. А. Бедржицкий, М. Е. Каган. Влияние сучков на прочность и деформативность древесины лиственных пород при поперечном изгибе _____ 161
- А. Я. Бурсин. Изменение модуля упругости древесины сосны в процессе высокотемпературной сушки в перегретом паре _____ 165
- С. И. Головков, И. Ф. Коперин. К вопросу газификации щепы из лесосечных отходов _____ 166
- Л. А. Спицына. Применение арифметического метода линейного программирования в лесной промышленности _____ 168
- Ю. П. Клюев, А. И. Ломоткин, А. И. Станчик. Исследование продуктов каталитических превращений дипентена под действием хлористого алюминия в присутствии бензола _____ 172

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- П. Рошко. О книге «Канатные лесотранспортные установки» _____ 175

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) 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 подчеркнуть 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 *O* ноль (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, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, 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, если статья написана работником вуза; 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, на матовой бумаге, чертежи сделаны черной тушью на ватмане). 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 и напечатаны на машинке.

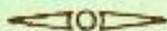
Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 15 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ

