

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

6

1975

АРХАНГЕЛЬСК

634.9(05)  
150

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, доц. **П. И. Войчалъ**, проф. **И. В. Воронин**, проф. **М. Л. Дворецкий**, доц. **Г. Л. Дранишников**, проф. **М. И. Зайчик**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. **ВАСХНИЛ**, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйлло**, проф. **В. Н. Худоногов**, проф. **В. В. Щелкунов**.

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

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

Выходит 6 раз в год.

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6.  
(Год издания восемнадцатый)

Сдан в набор 27/X 1975 г. Подписан к печати 30/XII 1975 г.  
Форм. бум. 70×108/16. Печ. л. 15,4+3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,74.  
Тираж 2430. Сл. 00132. Заказ 7583. Цена 1 руб.

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

*Навстречу XXV съезду КПСС***НА РУБЕЖЕ ДВУХ ПЯТИЛЕТОК**

Планомерность, неуклонность роста — характерные черты социалистической экономики. Она подчинена высшей цели социализма — повышению благосостояния и всестороннего развития трудящихся. Важнейшие проблемы жизни партии и народа на рубеже двух пятилеток были предметом обсуждения на состоявшемся 1 декабря 1975 г. Пленуме ЦК КПСС. Пленум рассмотрел вопросы очередного XXV съезда партии, а также одобрил в основном проекты государственного плана развития народного хозяйства и бюджета страны на 1976 г. Верховный Совет СССР обсудил эти проекты и законодательно утвердил их.

План развития народного хозяйства СССР на 1976 г. характеризуется масштабностью, динамизмом и выражает главные цели новой пятилетки, которая должна стать пятилеткой качества и эффективности, дальнейшего роста народного благосостояния.

Успешное выполнение плана 1971—1975 гг. свидетельствует о высоких устойчивых темпах развития народного хозяйства нашей страны в соответствии с директивами XXIV съезда КПСС. Еще более возрос экономический и научно-технический потенциал советского государства, сделан крупный шаг вперед в создании материально-технической базы коммунизма. Выполнена большая социальная программа. Окрепло социально-политическое и идейное единство нашего общества. Еще выше поднялся международный авторитет Советского Союза. На Пленуме ЦК КПСС отмечалось, что по масштабам абсолютного прироста объемов общественного производства прошедшая пятилетка оказалась лучшей в истории страны. Наша Родина стала еще богаче и сильнее, советские люди стали жить лучше. Партия рассматривает это как высшую оценку своей деятельности.

Обобщающий показатель развития народного хозяйства — национальный доход — за 1975 г. увеличился на 4% и составил 362 млрд. р. Объем промышленной продукции увеличился за пятилетку на 43%. Если в 1966—1970 гг. благодаря повышению производительности труда было получено 73% всего прироста промышленной продукции, то в 1971—1975 гг. — 84%. Только в 1975 году объем производства промышленности увеличился на 7,5% при плане 6,7%.

Несмотря на крайне неблагоприятные погодные условия, перевыполнены плановые задания 1975 г. по производству хлопка и некоторых других продуктов сельского хозяйства, возросли производство и закупки мяса, молока, яиц, шерсти, увеличился объем капитальных вложений по всему сельскохозяйственному комплексу.

Осуществлена большая программа капитального строительства: в текущем году освоено свыше 114 млрд. р. капитальных вложений, что на 8,2% больше, чем в 1974 г. В результате основные производственные фонды страны к концу 1975 г. составят 800 млрд. р.

Успехи промышленности и сельского хозяйства служат прочной базой для подъема материального и культурного уровня жизни народа. По широте охвата и размаху социальная программа IX пятилетки превосходит все прошлые. Реальные доходы на душу населения выросли почти на четверть. Более чем на треть увеличился объем товарооборота.

Принятые Верховным Советом СССР Государственный план развития народного хозяйства и бюджет на 1976 г. отражают последовательный ленинский курс партии на дальнейшее укрепление экономической, политической и оборонной мощи социалистического государства, неуклонное повышение благосостояния народа, его духовного и культурного уровня. Национальный доход увеличится на 5,4%. Доля прироста национального дохода за счет повышения производительности труда составит 86%, что эквивалентно экономии живого труда примерно 4 млн. человек.

Определяющая роль в развитии всего народного хозяйства и повышении уровня жизни народа принадлежит промышленности. В 1976 г. объем промышленной продукции увеличится на 4,3%.

В материалах сессии подчеркивается, что рост промышленного производства в значительной мере будет определяться экономным использованием сырья, более полной его переработкой и улучшением качества конечной продукции. Так, выпуск лесной продукции из каждого кубометра заготовленной древесины предусмотрено увеличить на 3,4%.

Конкретные задачи определены каждой отрасли. В лесопромышленности опережающими темпами будет возрастать выпуск продукции, более полно и эффективно использоваться лесное сырье. Так, производство древесноволокнистых плит возрастет на 15% и древесностружечных — на 10%. Выработка целлюлозы увеличится более чем на 6%, расширится производство бумаги и картона, улучшится ассортимент этой продукции. Ряд передовых предприятий — указывается в материалах сессии Верховного Совета СССР — такие как Кондопожский и Балахнинский целлюлозно-бумажные комбинаты, добились хороших результатов, превысили проектные мощности. Однако некоторые новые целлюлозно-бумажные предприятия медленно осваивают проектные мощности, в результате чего народное хозяйство лишается значительного количества продукции. Минбумпром должен осуществить действенные меры по полному освоению мощностей целлюлозно-бумажных предприятий.

Сложные задачи стоят в новой пятилетке перед лесозаготовителями. Будет продолжено расширение заготовок древесины и ее переработки в районах Сибири и Дальнего Востока при одновременном

более рациональном использовании лесосырьевых ресурсов европейской части СССР. Намечается более широкое, чем до сих пор, комплексное ведение лесозаготовки и лесного хозяйства, совершенствование управления, усиление концентрации производства, его технического перевооружения.

Все возрастающее внимание Коммунистическая партия и Советское государство уделяют вопросам охраны природы. В докладе Председателя Госплана СССР на сессии Верховного Совета отмечено: «На территории СССР сосредоточено более четверти мировых ресурсов леса, что полностью обеспечивает наши потребности в этом сырье. Но лес — не только сырье. Он играет важную роль в защите водной и воздушной среды. В плане предусматривается обеспечить авиационную и наземную охрану от пожаров практически всей площади лесов. Будет проводиться также биологическая охрана лесов от болезней и вредителей». Министерствам и ведомствам СССР и союзных республик установлены задания по защите земель от эрозии путем создания полевых защитных лесных полос, закреплению песков и террасированию крутых склонов, по рекультивации обработанных площадей.

На 1976 г. намечены новые мероприятия по осуществлению научно-технического прогресса. Предусмотрено выполнить комплекс научных исследований и конструкторских разработок более чем по 200 важнейшим научно-техническим проблемам. Намечается освоить производство 4 тыс. новых видов машин, оборудования, приборов и изделий, много новых технологических процессов, средств механизации и автоматизации производства и т. д.

Все более возрастает роль науки в развитии нашего общества. В новой пятилетке внимание ученых должно быть сосредоточено на важнейших проблемах научно-технического и социального прогресса, от решения которых в наибольшей степени зависит успешное развитие экономики, культуры и самой науки. Предусмотрено дальнейшее развитие исследований, открывающих принципиально новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего. Должны повышаться эффективность и качество научных исследований.

В плане на 1976 г. большое внимание уделяется реализации ленинской аграрной политики КПСС. Валовая продукция сельского хозяйства превысит среднегодовой уровень истекшего пятилетия на 7%, а валовой сбор зерна — на 14%.

Предусмотрено дальнейшее повышение народного благосостояния на основе роста национального дохода, производства товаров народного потребления и развития сферы услуг. Реальные доходы на душу населения увеличатся на 3,7%. Общественные фонды потребления возрастут на 5% и достигнут 94 млрд. р.

В 1976 г. предусматривается построить 111 млн. кв. м жилой площади, или на 1,7 млн. кв. м больше, чем в 1975 г.

Получат дальнейшее развитие просвещение, образование, здравоохранение. Прием студентов в вузы и техникумы возрастет по сравнению с 1975 г. на 21 тыс. чел. Будет выпущено более 1,8 млн. специалистов, в том числе 0,7 млн. с высшим образованием, подготовлено 8,5 млн. квалифицированных рабочих.

В 1976 г. получают дальнейшее развитие внешнеэкономические связи Советского Союза, особенно с социалистическими странами — членами СЭВ. Внешнеторговый оборот СССР развивается высокими темпами, в 1976 г. он увеличится на 13,6%.

План и бюджет 1976 г. исходят из разработанных партией «Основных направлений развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.» Советские люди горячо одобряют новую грандиозную социально-экономическую программу партии. К осуществлению ее вместе со всем народом активно готовится советская высшая школа.

Девятая пятилетка ознаменовалась небывалым размахом социалистического соревнования. Оно стало поистине всенародным, много обогатилось его содержание и формы. Необходимо быстрее обобщать и изучать этот бесценный опыт, поставить его на службу новой пятилетке.

Наша страна уверенно идет навстречу XXV съезду ленинской партии, вступает в новый пятилетний этап строительства коммунизма.

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 634.0.56

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РОСТА КУЛЬТУР ДУБА  
В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

М. В. ДАВИДОВ

Украинская сельскохозяйственная академия

Подводится итог многолетних исследований культур дуба с учетом типов роста, образуемых данной породой в лесостепной зоне. Анализ эскизов таблиц хода роста культур дуба показал, что в практических целях во всей лесостепной зоне можно пользоваться едиными таблицами, составленными для культур данной породы, произрастающих в УССР. Для установления в натуре типов роста древостоев изложены методика и технология этой работы.

Дубовые леса европейской части СССР расположены преимущественно в лесостепной зоне, где сосредоточены наиболее ценные лесные массивы: Тульские засеки, Шипов лес, Теллермановская роща (Воронежская область), дубравы Среднего Поволжья (Чувашская АССР), Черный лес, волынские дубравы (УССР), которым отведено видное место в нашей отечественной лесоводственной литературе [14], [15], [20], [21].

За последние годы обогатилась и таксационная литература о дубравах [1], [2], [17], [19], причем особое внимание было уделено культурам дуба в лесостепной зоне [4—6], [8], [9], [11—13], [16]. Исследование хода роста культур дуба здесь было начато еще в 1964 г., сначала на Украине (правобережная и левобережная лесостепь, байрачные дубравы), а затем продолжено в Тульских засеках, Шиповом лесу и Среднем Поволжье.

Пробные площади мы закладывали преимущественно в культурах дуба и частично в насаждениях естественно-семенного и семенно-послевого происхождения. Методика сбора материала была опубликована ранее [4], [6], [16]; основные ее положения сводились к тому, что древостои в натуре подбирали с учетом не только типов леса и классов бонитета, но и типов роста. С этой целью подыскивали 2—3 «указательных» древостоя наиболее старшего возраста. В них, а также в средневозрастных и молодых древостоях закладывали пробные площади с последующей таксацией и взятием трех средних модельных деревьев на каждой пробе. По данным анализа срубленных моделей устанавливали принадлежность обмеренных древостоев к тому или иному типу роста.

Как известно [3], в настоящее время при исследовании хода роста древостоев рекомендуется выделять три типа роста:

$T_0$  — «обычный» тип роста древостоя, характеризующийся умеренным приростом по высоте, при неизменном классе бонитета во времени;

$T_y$  — тип роста древостоев с убывающей интенсивностью прироста по высоте, сопровождающейся «падением» класса бонитета во времени;

$T_B$  — тип роста древостоев с возрастающей интенсивностью прироста по высоте, характеризующейся «повышением» класса бонитета во времени.

В соответствии с принятой методикой с 1964 г. по 1974 г. нами было заложено 275 пробных площадей, срублено и проанализировано около тысячи модельных деревьев\*. Распределение пробных площадей по условиям местопроизрастания, типам роста и классам бонитета представлено в табл. 1.

Таблица 1

Таксационные признаки	Условные обозначения	Распределение пробных площадей				Итого	
		УССР	Тульские засеки	Чувашская АССР	Шипов лес	абс.	%
Тип роста	$T_0$	102	8	—	12	122	45
	$T_y$	89	6	—	—	95	34
	$T_B$	35	—	18	5	58	21
Тип условий местопроизрастания	$D_1$	13	—	—	3	16	6
	$D_2$	176	14	18	13	221	80
	$D_3$	37	—	—	1	38	14
Классы бонитета	$I_a—I_b$	68	—	—	—	68	25
	I	104	8	17	10	139	50
	II	35	6	1	4	46	17
	III, IV	19	—	—	3	22	8

Как видно из таблицы, примерно половина заложенных пробных площадей приходится на тип роста  $T_0$ , около одной трети — на тип роста  $T_y$ , а остальные пробы — на тип роста  $T_B$ . По условиям местопроизрастания абсолютное большинство проб было заложено в типе свежая дубрава ( $D_2$ ), а по продуктивности — в высших классах бонитета.

Характерно, что на Украине были обнаружены все три типа роста дубовых древостоев, в Тульских засеках и в Шиповом лесу — два типа роста, соответственно  $T_0$  и  $T_y$ ,  $T_0$  и  $T_B$ ; а в Чувашии — один тип роста ( $T_B$ ). Такое распределение материала по типам роста находится в полном соответствии с географическим местонахождением дубрав.

В этом можно убедиться, сравнив, например, условия местопроизрастания дубовых древостоев в Черном лесу (Кировоградская область) и в Среднем Поволжье (Чувашия). Черный лес расположен на границе лесостепи и степи. Тип условий местопроизрастания  $D_2$ , среднегодовое количество осадков 460 мм, среднегодовая температура  $7,6^\circ$ , класс бонитета I, тип роста  $T_y$ . Дубравы Среднего Поволжья находятся на границе двух ботанико-географических зон: лесостепи и тайги. Тип условий местопроизрастания  $D_2$ . Среднегодовое количество осадков 470 мм, среднегодовая температура  $3,1^\circ$ , класс бонитета I, тип роста  $T_B$ .

Очевидно, что дубравы Среднего Поволжья, при сходных лесорастительных условиях ( $D_2$ ) с дубравами Черного леса, находятся в от-

\* В сборе материала принимали участие аспиранты Е. И. Луций, В. В. Данилов, Г. Ф. Гуменюк и студенты И. Н. Патлай, Д. М. Гончаренко, В. А. Любич, Н. И. Гичак, Н. С. Болюк, С. Н. Кашпор.

Таблица 2

Возраст, лет	I класс бонитета, тип роста T <sub>0</sub>			II класс бонитета, тип роста T <sub>у</sub>			I класс бонитета, тип роста T <sub>в</sub>					
	УССР	Шипов лес	Расхождение		УССР	Тульские засеки	Расхождение		УССР	Среднее Поволжье	Расхождение	
			абс.	%			абс.	%			абс.	%
Средние высоты, м												
20	8,3	8,0	-0,3	-3,6	8,5	7,1	-1,4	-16,5	6,1	7,3	1,2	19,6
30	12,4	13,3	0,9	7,3	12,2	11,7	-0,5	-4,1	9,9	11,3	1,4	14,0
50	19,0	19,1	0,1	0,5	17,2	18,1	0,9	5,1	17,5	17,8	0,3	1,6
70	23,6	—	—	—	20,6	21,0	0,4	1,9	23,2	23,3	0,1	0,4
90	—	—	—	—	23,7	23,0	-0,7	-0,3	—	—	—	—
Средние диаметры, см												
20	7,8	6,1	-1,7	-21,8	9,3	6,7	-2,6	-28,0	5,2	5,5	0,3	5,8
30	12,0	10,7	-1,3	-10,8	13,0	10,5	-2,5	-19,2	9,5	9,2	0,3	3,5
50	19,4	19,9	0,5	2,6	19,2	17,9	-1,3	-6,7	17,7	16,6	-1,1	-6,2
70	25,5	—	—	—	24,1	24,4	0,3	1,2	24,2	24,0	-0,2	-0,8
90	—	—	—	—	28,5	30,3	1,8	6,3	—	—	—	—
Запас, м <sup>3</sup>												
20	71	57	-14	-19,6	72	60	-12	-16,6	41	57	16	39,0
30	128	140	12	9,7	125	124	-1	-0,8	91	114	23	25,2
50	248	251	3	1,2	212	239	27	12,6	218	233	15	6,9
70	356	—	—	—	285	306	21	7,4	346	354	8	2,3
90	—	—	—	—	367	355	-12	-3,3	—	—	—	—

носителем более холодном для дуба климате, что не могло не отразиться на характере роста этой теплолюбивой породы. Видимо, поэтому в условиях Среднего Поволжья дубовые древостои, как правило, растут только по типу роста T<sub>в</sub>, то есть относительно медленно [18];

тогда как в Черном лесу, расположенном в лучших для дуба климатических условиях, наоборот, наблюдается ускоренный рост, сопровождающийся и более ранним «созреванием» образуемых им древостоев.

В Шиповом лесу и Тульских засеках, где среднегодовое количество осадков колеблется от 470 до 550 мм, а среднегодовая температура от 4,4 до 5,7°, создаются, по-видимому, относительно благоприятные климатические условия для произрастания дуба, на что имеются указания в литературе [15]. Возможно, по этой причине в названных дубравах чаще всего встречаются древостои «обычного» типа роста ( $T_0$ ).

Настоящее исследование показало также, что между типами леса, классами бонитета и типами роста древостоев существует определенная взаимосвязь, которая в практических целях может быть представлена в виде схемы. В частности, такая схема была дана нами для дубрав УССР [9], [10]. Такие схемы целесообразны и для других типов условий местопроизрастания древостоев различных древесных пород; они могут послужить хорошим пособием таксатору при установлении типов роста.

В результате изучения особенностей роста культур дуба в лесостепной зоне были составлены отдельные эскизы таблиц хода роста дубовых древостоев в условиях Тульских засек [4], [5], Шипова леса [6] и Среднего Поволжья [11], а для Украины разработаны более полные таблицы хода роста с учетом всех трех типов роста, образуемых данной породой [9].

Представляет интерес сравнение результатов исследования с данными таблиц хода роста культур дуба, произрастающих на Украине. В табл. 2 такое сравнение приведено по трем основным таксационным показателям: средней высоте, среднему диаметру и запасу.

Из данных таблицы видно, что значительные расхождения в росте наблюдаются лишь до 20—30-летнего возраста сравниваемых культур, что может быть объяснено различием в способах их создания (посев или посадка). Например, при одинаковых условиях местопроизрастания посевные культуры в молодые годы обычно несколько отстают в росте от посадок, но в более старшем возрасте догоняют их. В росте культур 30 лет и старше расхождения незначительны по всем сравниваемым таблицам хода роста.

Это можно было предвидеть, так как при составлении таблиц материал объединяли по типам роста древостоев и типам условий местопроизрастания, что обеспечивало его однородность. На этом основании можно прийти к выводу о целесообразности составления единых таблиц хода роста для древостоев, произрастающих в пределах определенной ботанико-географической зоны, при условии, что эти таблицы будут дифференцированы по типам роста.

Как нам представляется, таким требованиям отвечают таблицы хода роста культур дуба в УССР. Они составлены на богатом материале и отражают особенности роста культур во всех трех типах роста древостоев, образуемых данной породой. Однако при таксации молодняков\* необходимы соответствующие коррективы к этим таблицам.

Внедрение в лесохозяйственную практику новых по конструкции таблиц хода роста, разумеется, обязывает специалистов овладеть несложной методикой установления типов роста в природе. Практически

\* В центральной и восточной лесостепи.

такое дифференцированное бонитирование (в связи с типом роста) мыслится примерно в таком плане.

При тренировочной таксации, которая обычно проводится лесоустроительной партией перед началом полевых работ, необходимо уделять особое внимание как типам леса, так и типам роста на пробах. На каждой тренировочной пробе, как правило, срубают три средние модели. Упрощенный анализ хода роста этих моделей в высоту вполне осуществим по времени на закладку пробы. Здесь может возникнуть вопрос лишь о числе тренировочных пробных площадей, которое в данном случае следует несколько увеличить, не считаясь с небольшими дополнительными расходами и учитывая дальнейший лесоводственный и экономический эффект [10].

Если такие работы будут проведены несколькими лесоустроительными партиями и в первую очередь в ценных лесных массивах, где ведется интенсивное лесное хозяйство, собранный материал целесообразно обобщить. В конечном итоге можно для различных пород и типов условий местопроизрастания составить соответствующие схемы взаимосвязи между типами леса данной породы, классом бонитета и типом роста, как это, например, сделано для дубрав УССР [9], [10].

Разработка таких схем несомненно облегчит в дальнейшем установление типов роста древостоев данной породы и исключит необходимость в дублировании этой работы при очередном лесоустройстве.

Практическое значение внедрения идеи о типах роста древостоев в лесоустройство отмечалось ранее [7], [9], [10]. Претворение в жизнь этой идеи в зоне интенсивного лесного хозяйства, где оно в своей основе должно приближаться к участковому методу, по нашему мнению, не только желательно, но и необходимо.

#### ЛИТЕРАТУРА

111. Давидов М. В. Исследование хода роста семенных дубовых насаждений в УССР. — Научные труды УкрСХА, т. IX, 1958. 121. Давидов М. В. Особенности роста и таксации дубовых насаждений в УССР. — Сб. докладов на конференции «Дубравы Советского Союза и повышение их производительности». Киев, 1968. 131. Давидов М. В. Бонитет как единица таксационной классификации насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1968, № 4. 141. Давидов М. В. Исследование хода роста культур дуба в Тульских засеках. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1970, № 6. 151. Давидов М. В. Особенности роста культур дуба в Тульских засеках. — «Лесоведение», 1970, № 4. 161. Давидов М. В. О культурах дуба в Шиповом лесу. — «Лесное хозяйство», 1971, № 7. 171. Давидов М. В. Дифференцированное бонитирование и его роль в проблеме повышения продуктивности лесов. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 5. 181. Давидов М. В. Дослідження ходу росту культур дуба в Чорному лісі. — Вісник сільськогосподарської науки, № 11, 1972. 191. Давидов М. В. Нові дослідження росту культур дуба на Україні. Київ, «Урожай», 1972. 1101. Давидов М. В. О дифференцированном бонитировании при лесоустройстве. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. 1111. Давидов М. В. Рост и продуктивность культур дуба Среднего Поволжья. — «Лесное хозяйство», 1973, № 9. 1121. Давидов М. В. Типы роста дубовых древостоев в Шиповом лесу. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 5. 1131. Давидов М. В., Данилов В. В. Особенности росту культур дуба в умовах північного правобережного Лісостепу УССР і в Тульських засіках. — Наукові праці УСГА, вип. 47, 1971. 1141. Жуков А. Б. Дубравы УССР и способы их восстановления. — В сб.: Дубравы СССР, т. I, вып. 28, Гослесбумиздат, 1949. 1151. Лосяцкий К. Б. Дубравы северной Лесостепи. — В сб.: Дубравы СССР, т. II, вып. 29, Гослесбумиздат, 1949. 1161. Луций Е. И. Особенности росту і продуктивності культур дуба в степовій зоні України. — Вісник сільськогосподарської науки, № 2, 1964. 1171. Моисеенко Ф. П. Ход роста и товарность семенных дубовых насаждений. — «Лесное хозяйство», 1964, № 4. 1181. Наталков Н. В. Современное состояние дубрав Татарской и Чувашской АССР. — Сб. докладов на конференции «Дубравы Советского Союза и повышение их производительности». Киев, 1968. 1191. Науменко И. М. Опытные таблицы хода роста и сортиментной структуры дубовых семенных насаждений. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1958, № 1. 1201. Пятницкий С. С. Дубравы Советского Союза и перспективы дальнейшего выращивания и повышения их продуктивности. — Сб. докладов

на конференции «Дубравы Советского Союза и повышение их продуктивности». Киев, 1966. [21]. Тюрин А. В. Дубравы водоохранной зоны и способы их восстановления. — В сб.: Дубравы СССР, т. I, вып. 28, Гослесбумиздат, 1949.

Поступила 17 марта 1975 г.

УДК 634.0.23

## ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

В. Г. ЧИСТИЛИН

Брянский технологический институт

Приведены результаты изучения естественного возобновления сосны в разновозрастных насаждениях по дюнным всхолмлениям на примере наиболее характерных участков леса Ковшовского лесничества Брянского лесхоза. Анализируются особенности распределения, возрастной структуры и роста самосева под пологом и в «окнах» сосняков в зависимости от расстояния от материнских деревьев.

В отечественной и зарубежной лесоводственной литературе многочисленные материалы посвящены вопросам возобновления сосны. Их анализ показывает, что распределение самосева и рост его под пологом леса неравномерны. Обычно самосев бывает приурочен к освещенным местам: «окнам» в пологе, прогалинам, опушкам [13], к местам с меньшей мощностью и плотностью мертвого покрова [3], к склонам благоприятных экспозиций [4], к местам с меньшим обилием и покрытием почвы представителями живого покрова [6] и т. д. — в различных комбинациях этих микроособенностей. В большинстве опубликованных работ рассматриваются особенности возобновления разновозрастных насаждений, ибо вообще принято считать, что сосна обыкновенная в силу своего светолюбия формирует, как правило, разновозрастные древостои. Г. Ф. Морозов [7] допускал возможность образования разновозрастных сосняков при определенных условиях. Обследуя выборочные формы леса Германии, он отмечал особый характер их возобновления, поскольку, как он писал «...не безразлично для налета, появляется ли он под пологом разновозрастного насаждения или разновозрастного». По его мнению, состояние верхнего слоя почвы, совершенно различно, не только его свежесть, но и рыхлость, а также качество гумуса и растительного покрова.

Наши исследования были проведены в разновозрастных сосняках Ковшовского лесничества Брянского лесхоза, произрастающих по дюнным всхолмлениям эолового происхождения. Условия местопроизрастания устанавливали по шкале П. С. Погребняка, как А1—2. Тип леса по В. Н. Сукачеву — сосняк лишайниково-мшистый. В четырех участках леса (табл. 1) были определены основные лесоводственно-таксационные показатели. Текущий прирост древостоев вычисляли по поколениям по методу М. Л. Дворецкого [3]. Выделенные в насаждениях поколения характеризуются III классом бонитета. Последний устанавливали с учетом хозяйственного возраста. Для изучения строения полога насаждений и особенностей возобновления закладывали по две ленточные пробы шириной 20 м и длиной 100—180 м в зависимости от размеров участков. На пробах производили индивидуальный перечет деревьев с классификацией их по Крафту. С помощью возрастного бурава определяли возраст деревьев. Высотомером измеряли общую высоту и высоту до первого живого сука, что позволило в дальнейшем найти протяженность кроны каждого дерева. Ленточные пробы разбивали на 5-метровые квадраты. На плане отмечали местоположение деревьев, после чего производили съемку проекций кроны по двум диаметрально противоположным поперечникам (С—Ю, В—З). Площадь проекций кроны вычисляли по таблицам П. Н. Несслера [8]. На каждой 5-метровой площадке пересчитывали самосев, измеряли его высоту и уста-

навливали возраст. По состоянию самосевов подразделяли на две группы: а) жизнеспособный; б) угнетенный и мертвый. Классификацию самосева производили визуально на основании ряда морфологических признаков (цвет и длина хвои; форма кроны; ее протяжение, компактность; прирост по высоте главного и боковых побегов и др.). Эти признаки устанавливали с учетом биологических особенностей древесной породы, условий произрастания, возраста и т. д. [10]. На учетных площадках также перечитывали подлесок, описывали травяной покров и экологические особенности (микрорельеф, освещенность и др.).

Для изучения самосева в «окнах» насаждений закладывали пробные площади размером 50×50 м. Ширина окон не превышала 45 м. На пробах учитывали куртины молодняка с указанием их площади. Внутри «окна» размещали ленточные кольцевые пробы, которые разбивали на метровые отрезки и нумеровали. Самосев учитывали на метровых отрезках. Для установления хода роста по высоте на каждой учетной площадке брали по три средние по высоте и возрасту модели. Для каждого «окна» составляли абрис с указанием расположения лент, номера учетных площадок и с нанесением проекций крон деревьев, расположенных по периферии. При проведении исследований обеспечивалась 3-кратная повторность.

Таксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ проб	Состав	Поколения	Средний хозяйственный возраст, лет	Число стволов на 1 га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Относительная полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га	Текущий прирост, м <sup>3</sup>
10	10 С	1	134	59	31,4	24,9	4,57	0,12	52	0,74
		2	98	211	26,5	22,6	11,65	0,33	124	1,85
		3	34	181	10,7	10,6	1,63	0,07	9	0,43
		Итого	451				17,85	0,52	185	3,02
3	10 С	1	128	50	30,8	24,4	3,72	0,10	42	0,61
		2	99	189	26,6	22,7	10,51	0,30	112	1,65
		3	35	162	10,9	10,7	1,51	0,06	8	0,39
		Итого	401				15,74	0,46	162	2,65
4	10 С	1	98	201	26,3	22,8	10,91	0,31	118	1,74
		2	35	174	11,1	10,9	1,69	0,07	9	0,45
		Итого	375				12,60	0,38	127	2,19
		Итого	375				12,60	0,38	127	2,19
9	10 С	1	97	190	26,0	22,5	10,24	0,29	111	1,62
		2	33	165	10,4	10,3	1,40	0,06	7	0,36
		Итого	355				11,64	0,35	118	1,98
		Итого	355				11,64	0,35	118	1,98

Полученные данные (рис. 1) показали, что исследуемые насаждения имеют неравномерную сомкнутость, являющуюся следствием группового размещения деревьев.

Невысокая сомкнутость рассматриваемых насаждений была отмечена ранее рядом исследователей, в том числе М. В. Агафоновым [1] и Н. К. Старком [11]. С. Грузов [2] наблюдал в Свенском лесничестве большую полноту на высоких дюнах лишь в сосновых молодняках. Наши исследования показали, что степень сомкнутости сосняков в верхней части дюн не превышает 0,5. Данные учета самосева сосны (табл. 2) свидетельствуют о том, что количество жизнеспособного самосева увеличивается с уменьшением сомкнутости полога, в то время как число угнетенных и мертвых экземпляров наоборот снижается. Эту особенность можно объяснить конкурирующим

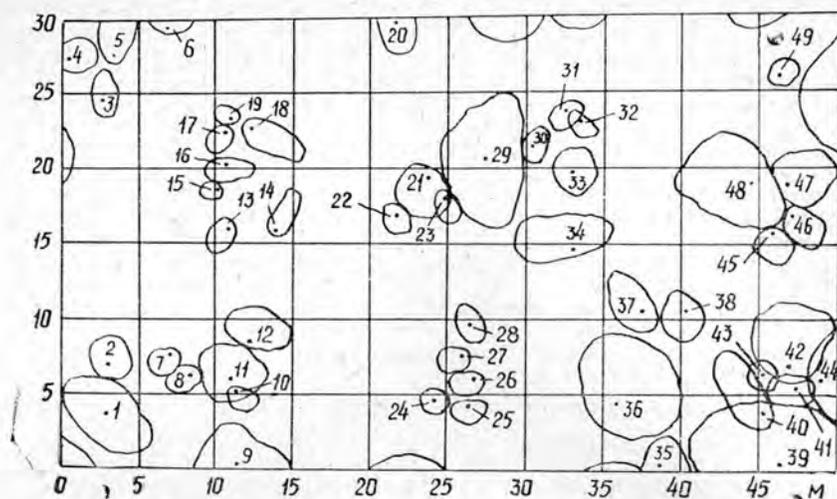


Рис. 1. План проекций крон деревьев части насаждения в квартале 61 Ковшовского лесничества.

влиянием корневой системы взрослых деревьев на самосев, что отмечали в свое время И. А. Яхонтов [14], Г. Ф. Морозов [7], В. Г. Карпов [5], Ж. Ю. Суна [12] и др.

Таблица 2

Категория самосева	Количество самосева сосны (шт.-%) в зависимости от степени сомкнутости полога		Средние данные
	0,4	0,5	
Жизнеспособный	3500 47,3	2400 33,8	2950 40,7
Угнетенный и мертвый	3900 52,7	4700 66,2	4300 59,3
Всего	7400	7100	7250

Для выяснения степени выраженности этого влияния на наших объектах в «окнах» насаждений было проанализировано изменение количества самосева сосны на 1 га в зависимости от расстояния от материнских деревьев в направлении к центру «окна» (рис. 2). Как видно из графика, общее количество самосева существенно изменяется по мере удаления от взрослых деревьев. Это же можно сказать и о жизнеспособном самосеве, а также угнетенном и мертвом. При изменении расстояния от материнских деревьев от 1 до 20 м общее количество самосева в «окнах» насаждений варьирует от 5500 до 9000 шт. на 1 га. Графическое изображение зависимости говорит о неравномерном изменении количества самосева при общей тенденции к увеличению по мере удаления от взрослых деревьев. Достигнув максимума на расстоянии 16 м, в дальнейшем число самосева снижается. С удалением от материнских деревьев значительно повышается процент жизнеспособного самосева, особенно в промежутке 7—16 м.



Рис. 2.

1 — всего самосева; 2 — в том числе жизнеспособного.

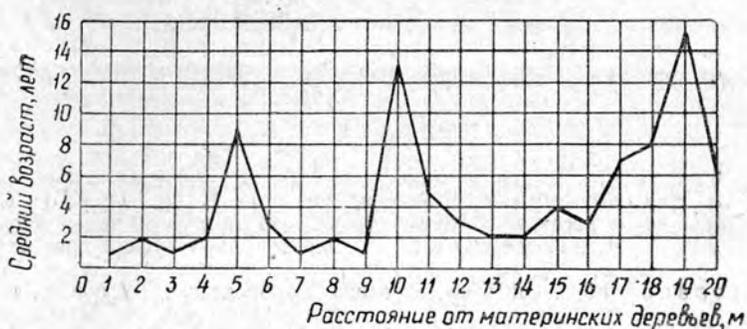


Рис. 3. Изменение среднего возраста самосева в зависимости от расстояния от материнских деревьев в направлении к центру «окна».

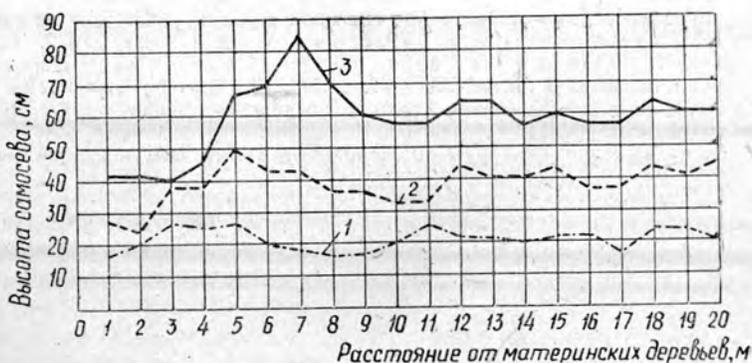


Рис. 4. Изменение высот самосева в зависимости от расстояния от материнских деревьев в направлении к центру «окна».

1—3-летнего; 2—6-летнего; 3—9-летнего.

На рис. 3 показано изменение среднего возраста самосева. Многовершинная кривая говорит о неоднородности самосева в возрастном отношении. Колебания периодического повышения среднего возраста и последующего его падения, имеющего место всякий раз после достижения точки максимума, заметно уменьшаются с удалением от стены леса. Очевидно, среди появляющихся весной и погибающих от недостатка влаги летом всходов в условиях менее сильной конкуренции за влагу сохраняются отдельные группы растений. Чередующиеся влажные и засушливые годы усиливают характер разновозрастности молодого поколения.

Рост самосева в высоту (рис. 4) в «окнах» насаждений улучшается по мере удаления от взрослых деревьев. Угнетающее влияние последних на самосев сказывается наиболее заметно в области расположения кроны и основной массы корней. Наилучший рост в высоту наблюдается: у 9-летнего самосева — на расстоянии 6—8 м от материнских деревьев, у 6-летнего — на расстоянии 4—6 м и у 3-летнего — на расстоянии 3—5 м. В направлении к центру «окна» рост самосева несколько ухудшается, хотя и сопровождается периодическими подъемами и спадами. Отмеченная особенность в росте самосева проявляется сильнее с увеличением его возраста.

Выявленные особенности возобновления сосны могут быть использованы при назначении организационно-технических элементов различных вариантов выборочных рубок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агафонов М. В. Лес и лесное хозяйство в Брянском лесном массиве. — Труды по лесному опытному делу в России, 1908, вып. 7. [2]. Грузов С. Краткая характеристика типов насаждений Свенского казенного лесничества. — «Лесной журнал», 1907, вып. 9. [3]. Дворецкий М. Л. Определение текущего прироста по запасу древостоя с рубкой небольшого числа моделей. — «Лесное хозяйство», 1961, № 12. [4]. Желтолапов В. С. Опыт исследования возобновления сосновых насаждений Голодяевской дачи. — «Известия лесного института», 1913, вып. 23. [5]. Карпов В. Г. О корневой конкуренции древостоя в насаждениях засушливой степи. — ДАН СССР, 1955, т. 104, № 3. [6]. Любименко В. Н. Анализ приспособительной деятельности растений. — «Биология растений», 1922, 1. [7]. Морозов Г. Ф. Очерки по возобновлению сосны. Сельхозгиз, 1930. [8]. Несслер П. М. Вспомогательные таблицы для вычисления площадей проекций кроны древесных пород. Сельхозгиз, 1931. [9]. Новак А. Естественное возобновление сосны в сложных насаждениях на мергелях в Бузулукском бору. — «Известия лесного института», 1912, вып. 22. [10]. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., «Высшая школа», 1962. [11]. Старк Н. К. Лесоразведение в связи с типами. М., «Работник земли и леса», 1926. [12]. Суна Ж. Ю. Влияние корневой системы старых сосен на подрост. — Труды Института лесохозяйственных проблем АН ЛатвССР, 1957, т. 15. [13]. Флоринский К. К. К вопросу об естественном возобновлении сосны в Хреновском бору. — «Известия лесного института», 1916, вып. 30. [14]. Яхонтов И. А. Развитие соснового подростка под пологом старых насаждений. — Труды по лесному опытному делу в России, 1909, вып. 20.

Поступила 15 августа 1975 г

УДК 631.821.1+631:893.12

## ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДРЕВОСТОЙ И ПОЧВУ ПРИСПЕВАЮЩИХ СОСНЯКОВ-ЗЕЛЕНОМОШНИКОВ

А. П. ЗВИРБУЛЬ, Л. А. ГРИШКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Внесение извести в дозе 4 т/га в песчаную подзолистую почву соснового леса оказалось малоэффективным и даже отрицательным мероприятием в вариантах N, NP, P. Известкование угнетающе действует на микрофлору почвы, что, очевидно, уменьшает прибавочный прирост древостоя.

Объектом исследования был выбран участок приспевающего соснового древостоя зеленомошной группы типов леса в квартале 144 Песского лесничества Хвойнинского лесхоза Новгородской области. Массив соснового леса площадью около 17 га сравнительно однороден по таксационным признакам: состав — 10С, класс возраста — IV—V, класс бонитета — II—III, средняя высота — 18 м, средний диаметр — 24 см, полнота 0,7. В подлеске редкий можжевельник, в напочвенном растительном покрове преобладали блестящие зеленые мхи с редкой брусничкой, черникой, ожикой волосистой и др. Осенью 1968 г. на данном участке были выделены три секции размером 330×100 м<sup>2</sup> и проведено известкование внутри каждой из них на пробной площадке 25×20 м<sup>2</sup>. Известь вносили вручную из расчета 4 т/га. Весной 1969 г. минеральные удобрения вносили с помощью авиации в трех вариантах: азотное (N 145 кг/га по действующему веществу), азотно-фосфорное (N 138: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 кг/га) и фосфорное (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 123 кг/га). Отдельно вносили карбамид (мочевину), двойной суперфосфат и их смесь. Почвы были весьма однородны и относятся к поверхностно-слабоподзолистым и скрытоподзолистым иллювиально-гумусово-железистым. Почвообразующая порода — слабохрящеватый песок размытого оза.

В 1973 г. были обследованы древостой и почвы всех вариантов опыта. Для этого в наиболее производительных и сравнимых частях каждого варианта опыта и на контроле были выбраны пробные площади (куда входили и площадки с известкованием) размером 0,53—0,66 га с количеством деревьев 195—232 шт. Древостои этих площадей имели возраст 67—91 год, средние высоты — 25,0—27,6 м, средний диаметр — 30,5—31,9 см. Влияние минеральных удобрений и извести на древостой отражено в табл. 1. Объемный прирост определяли для учетных деревьев с точностью около 10% по методике К. Е. Никитина\* с использованием ЭВМ «Минск-22».

По данным табл. 1 можно сделать следующие выводы: а) известкование отрицательно сказалось на приросте древесины, особенно в варианте фосфорного удобрения; б) наиболее эффективен вариант чистого азотного удобрения в виде карбамида; в) изменение радиального и объемного приростов свидетельствует об их прямопропорцио-

\* Никитин К. Е. Применение ЭВМ в лесной таксации. М., «Лесная промышленность», 1972.

Таблица 1

Вариант удобрения	Число обследованных деревьев, шт.	Из них учетных, шт.	Изменение радиального прироста за 5 лет, %	Объемный периодический прирост, м <sup>3</sup> /га		Прибавка за 5 лет		Место варианта по произведительности
				за 1964—1968 гг.	после внесения удобрений и известки за 1969—1973 гг.	м <sup>3</sup>	%	
Контроль	195	25	+ 1,0	23,75	20,88	-2,87	-12,1	I
Азотное	205	24	+45,1	30,45	36,69	+6,24	+9,11	IV
Азотно-фосфорное	195	24	+22,9	26,85	29,22	+2,37	+5,34	V
Азотное+известь	204	25	- 1,7	26,30	22,52	-3,78	-0,91	II
Азотно-фосфорное+известь	18	9	+38,2	30,18	35,38	+5,20	+7,07	III
Фосфорное+известь	20	10	+33,1	27,02	29,63	+2,61	+5,48	VI
	19	10	- 8,3	26,57	21,62	-4,95	-2,08	

нальной взаимозависимости. Так, для рассматриваемых условий каждые 10% прибавки стволового радиального прироста соответствуют увеличению объемного прироста на 0,8—1,4 м<sup>3</sup>/га.

Влияние известкования и удобрений на почву отражено в данных табл. 2, 3 и 4.

Морфологически известкование хорошо проявилось в лесной подстилке: слой А<sub>0</sub> стал темно-бурым, вязким, сильно разложился и несколько уменьшился по мощности. В связи с этим образцы подстилки были подвергнуты микробиологическому анализу (табл. 4).

По данным табл. 2, известкование привело к выравниванию значений рН на сравнительно небольшой глубине — до 10 см. Характерно вытеснение кальцием алюминия из поглощающего комплекса (табл. 2 и 3). При этом удельное содержание кальция резко возрастает в поглощающем почвенном комплексе верхних горизонтов почвы, а содержание магния несколько уменьшается (табл. 3). Обменный водород изменяется незначительно в сторону уменьшения.

При внесении известки условия разложения подстилки улучшаются, о чем свидетельствует уменьшение отношения С:N от 43 до 33.

Известь, очевидно, связывает подвижный фосфор, мало отражаясь на подвижном калии. При улучшении условий минерализации с внесением известки, увеличивается объем-

ный вес органических горизонтов и несколько уменьшается их максимальная гигроскопичность (табл. 3). Известь особенно сильно нейтрализует актуальную кислотность лесной подстилки, изменяя рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> от 4,59 до 6,76 (табл. 3).

В связи с изложенным встает вопрос: положительно ли известкование в целом и как оно отражается на микофлоре и микробиологической активности поверхностно-подзолистых лесных почв. Представление об этом дают показатели табл. 4.

Таблица 2

Местоположение разреза	Горизонт	Глубина взятия образцов, см	рН		Поглощающий комплекс									
			водной вытяжки	солевой вытяжки	Содержание обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы					Катионы, %				
					Ca..	Mg..	H..	Al...	Сумма	Ca..	Mg..	H..	Al...	Сумма
Разрез на пробной площади азотного варианта без известко- вания То же с внесением известки	A <sub>0</sub> '	0-2	4,36	3,20	11,4	64,5	0,2	2,2	78,3	14,6	82,3	0,3	2,8	100
	A <sub>0</sub> ''	2-5	4,45	3,28	53,1	11,5	1,6	3,1	69,3	76,6	16,6	2,3	4,5	100
	A <sub>0</sub> ''' / A <sub>2</sub>	5-7	4,15	3,25	9,5	1,9	0,3	1,9	13,6	70,0	13,9	2,2	13,9	100
	Bh	7-13	4,95	4,16	9,5	9,5	0,1	0,4	19,5	48,7	48,7	0,5	2,1	100
	B/C	40-50	5,59	4,86	1,9	3,4	0,1	0,2	5,6	33,9	60,7	1,8	3,6	100
	A <sub>0</sub> '	0-2	4,71	3,84	22,6	68,4	0,2	0,1	91,3	24,7	75,9	0,2	0,1	100
	A <sub>0</sub> '' / A <sub>3</sub>	2-4	6,89	6,75	97,8	3,8	0,6	0,1	102,3	95,6	3,7	0,6	0,1	100
	A <sub>0</sub> ''' / A <sub>3</sub>	4-6	5,42	4,41	15,2	11,4	0,2	0,2	27,0	56,3	42,3	0,7	0,7	100
	Bh	6-12	5,00	4,16	17,1	13,3	0,1	0,8	31,3	54,6	42,5	0,3	2,6	100
	B/C	40-50	5,36	4,76	2,8	4,2	0,2	0,2	7,4	37,8	56,8	2,7	2,7	100

Для изучения специфических физиологических групп микроорганизмов в исследуемых образцах почвы использовали среды: 1) сусло-агар для выделения гетеротрофных грибов; 2) мясо-пептонный агар (МПА) для выделения бактерий; 3) среда Гетчинсона с фильтровальной бумагой для целлюлозоразрушающих групп. Почвенные суспензии высевали методом последовательных разведений по методике ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии.

Вариант	Горизонт	Глубина взятия образцов, см	рН		Поглощающий				
			водной вытяжки	солевой вытяжки	Содержание обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы				
					Ca··	Mg··	H·	Al···	Сумма
Без извест									
Контроль	A <sub>0</sub> ''	2—5	4,21	3,05	34,2	19,0	0,9	5,3	59,4
N	A <sub>0</sub> ''	2—5	4,70	3,62	38,0	26,3	1,4	1,9	67,6
NP	A <sub>0</sub> ''	2—5	4,80	3,64	53,2	34,2	0,6	1,7	89,7
P	A <sub>0</sub> ''	2—5	4,27	3,11	38,0	22,8	1,0	2,9	64,7
Среднее без контроля			4,59	3,46	43,1	27,8	1,0	2,2	—
С известко									
N	A <sub>0</sub> ''	2—4	6,96	6,67	110,2	26,6	0,3	0,2	137,3
NP	A <sub>0</sub> ''	2—4	6,85	6,66	95,0	30,4	0,5	0,1	126,0
P	A <sub>0</sub> ''	2—5	6,76	6,40	106,1	26,9	0,7	0,2	133,9
Среднее			6,86	6,58	103,7	30,0	0,5	0,2	—

Таблица 4

Вариант	Влажность		рН водной вытяж- ки	Бактерии		Грибы на сусло- агаре	Виды выделенных грибов	Характер роста гри- бов в чашках Петри
	абсо- лютная	относи- тель- ная		растущие на МПА	аэробно- целлюло- зоразруша- ющие			
Без известкования								
Контроль	180,3	65,6	4,21	10 <sup>6</sup>	10 <sup>2-3</sup>	10 <sup>5</sup>	<i>Penicillium, Mucor</i>	Слабый
N	148,2	59,7	4,70	10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	<i>Trichoderma, Penicillium, Verticillium</i>	Обильн
NP	154,6	60,7	4,80	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	<i>Tichoderma, Penicillium, Verticillium, Mucor</i>	·
P	209,9	67,7	4,27	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	То же	·
С известкованием								
N	141,1	58,5	6,96	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	<i>Penicillium, Mucor, Trichoderma</i>	Средний
NP	114,3	53,3	6,85	10 <sup>6-7</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	<i>Mucor, Penicillium, Verticillium, Trichoderma</i>	·
P	179,5	64,2	6,76	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	То же	·

Выделенные в чистую культуру грибы идентифицировали по морфологическим признакам мицелия и данным микроскопирования в соответствии с определителями грибов.

Согласно данным табл. 4, биологическая активность произвесткованных подстилок выше, чем неизвесткованных: здесь увеличивается количество бактерий на МПА и целлюлозоразрушающих. Однако известкование действует угнетающе на микрофлору, которая в данных образцах представлена небольшим количеством видов почвенных

Таблица 3

комплекс					Содержание углерода и азота по Анстедту, %			Подвижные элементы питания, мг на 100 г почвы		Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопичность по А. В. Николаеву, %
Катионы, %											
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Сумма	C	N	C : N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
кования											
57,6	32,0	1,5	8,9	100	47,37	0,99	47	6,0	62,0	0,18	22,0
56,2	38,9	2,1	2,8	100	30,51	0,78	40	3,0	44,4	0,19	22,5
59,3	38,1	0,7	1,9	100	43,18	0,96	45	5,5	39,6	0,16	21,3
58,8	35,2	1,5	4,5	100	51,78	1,18	44	6,2	78,4	0,15	25,4
58,1	37,4	1,4	3,1	—	41,82	0,97	43	4,9	54,1	0,17	22,7
ваннем											
80,3	19,4	0,2	0,1	100	22,33	0,84	27	4,2	26,0	0,20	22,4
75,4	24,1	0,4	0,1	100	22,66	0,72	30	4,4	40,4	0,19	18,1
79,4	20,0	0,5	0,1	100	34,71	0,80	43	6,0	70,2	0,17	25,1
78,4	21,2	0,4	0,1	—	25,57	0,79	33	4,9	45,5	0,18	21,9

грибов (табл. 4). В связи с тем, что в лесных подзолистых почвах минерализация грубого поверхностного опада — основной части органического вещества — происходит за счет почвенных грибов и в меньшей степени бактерий, весьма трудоемкое и дорогостоящее известкование здесь будет процессом аномальным и явно нежелательным.

Поступила 5 июня 1975 г.

УДК 634.0.161.4

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АССИМИЛЯЦИОННОМ АППАРАТЕ ОСНОВНЫХ ЭДИФИКАТОРОВ ДУБОВО-СОСНОВЫХ ВЫРУБОК

В. С. ПЕШКО, Г. Т. КРИНИЦКИЙ

Львовский лесотехнический институт

Приведены материалы, характеризующие сезонную динамику содержания азота, фосфора и калия в ассимиляционном аппарате подроста дуба и сосны, лещины, ежевики, малины и вейника — основных эдификаторов вырубок грабово-дубово-сосновых ассоциаций запада лесостепи. Сопоставляя эти данные с динамикой роста и биоэлектрической активностью растений, делается попытка раскрыть режим поглощения основных биогенных элементов и определяющиеся этим трофные связи между отдельными видами лесного фитоценоза.

Для разработки научно обоснованной системы мероприятий по ведению лесного хозяйства большое значение имеют данные о режиме минерального питания основных лесобразующих пород. Однако

получение этих данных — задача сложная, поскольку еще не разработаны достаточно достоверные и нетрудоемкие методы их определения в полевых условиях. Определенную информацию в этом плане, наряду с агрохимическим анализом почв, дает изучение содержания элементов минерального питания в ассимиляционном аппарате растений совместно с изучением характера их роста ([3], [4] и др.).

Мы изучали сезонную динамику содержания биогенных элементов (N, P, K) в ассимиляционном аппарате основных эдификаторов вырубок грабово-дубово-сосновых ассоциаций: подростка сосны (*Pinus silvestris* L.) и дуба (*Quercus robur* L.), лещины (*Corylus avellana* L.), ежевики (*Rubus caesius* L.), малины (*Rubus idaeus* L.) и вейника (*Calamagrostis arundinaceae* Roth.). Исследования проводили в 1974 г.\* на лесосеке семенно-лесосечной двухприемной рубки, расположенной на стационаре кафедры лесоводства Львовского лесотехнического института (Ивано-Франковский уездхозаг Львовской области). Тип условий местопроизрастания — С<sub>2</sub>, ассоциация — Pinetum-queceto-sagrineto-coryllosum, состав древостоя до рубки — 7СЗД, ед. Г. Первый прием рубки был проведен в 1962—1963 гг., второй — в 1967—1968 гг. Почва дерново-слабоподзолистая супесчаная на песках водноледникового и старорегионального происхождения, свежая. Детальная агрохимическая характеристика ее дана в литературе [2], [5]. Климат мягкий, влажный; формируется под влиянием морских масс воздуха, приходящих с запада. Среднегодовая температура воздуха 7,5°, абсолютный максимум 36°, абсолютный минимум —35°. Годовое количество осадков — 670 мм. Продолжительность вегетационного периода 215 дней. Погодные условия сезона исследования (1974 г.) характеризовались температурным режимом, близким к среднему многолетнему; количество осадков с апреля по сентябрь составило 666,4 мм, что на 52,5% выше нормы. На вырубке в период исследований в подросте сосна (4,1 тыс. шт./га), дуб (14,3 тыс. шт./га), клен, явор, граб (2,6 тыс. шт./га), из подлесочных пород в большом количестве лещина, режа крушина, рябина, калина (сомкнутость 0,4). В травяном покрове господствовали ежевика, малина и вейник, реже встречались ожика волосистая, дриоптерис остистый, ландыш обыкновенный и др. (сомкнутость трав 0,7).

Для проведения исследований на лесосеке, с учетом корневой конкуренции на элементы питания, было подобрано по 10—15 экземпляров подростка дуба (хорошо развитого, средне- и сильноугнетенного) и сосны (хорошо развитой и сильноугнетенной) возрастом 7—8 лет, лещины, ежевики, малины и вейника. На них в течение сезона отбирали образцы листьев или хвоя последнего года согласно методическим рекомендациям Е. В. Костылевой [3]. Одновременно определяли метаболические электропотенциалы — МЭП [6] подростка дуба и сосны. Измерение МЭП проводили несколько переделанным полевым милливольтметром ППМ-03М1 в сочетании с хлорсеребряными электродами по методике, разработанной на кафедре лесоводства ЛЛТИ [1]. Лабораторные анализы выполняли по общепринятым методикам: азот — по Кьельдалю, калий — пламенным фотометром, фосфор — колориметрическим методом после мокрого озоления.

Результаты исследований приведены в табл. 1—4.

Таблица 1

Вид растения	Содержание азота, %, в образцах						
	5.VI	5.VII	29.VII	5.VIII	25.VIII	13.IX	1.X
Дуб хорошо развитый	2,71	1,32	1,51	1,10	0,77	0,31	0,31
Дуб среднеугнетенный	2,01	1,68	1,60	He опр.	1,69	0,14	0,14
Дуб сильноугнетенный	1,88	1,21	0,86	1,87	1,12	0,43	0,43
Сосна хорошо развитая	He опр.	1,23	1,15	0,99	0,96	0,89	0,89
Сосна сильноугнетенная	He опр.	0,77	0,70	0,62	0,76	1,02	1,02
Лещина	1,75	1,70	0,22	He опр.	1,47	2,65	2,65
Ежевика	1,60	1,52	0,22	He опр.	0,21	1,80	1,80
Малина	1,62	1,67	1,41	He опр.	1,47	1,25	1,38
Вейник	1,19	1,21	0,68	He опр.	0,90	1,38	1,25

Азот. Наибольшее количество азота на единицу фитомассы листьев подростка дуба наблюдается в начале вегетационного периода (табл. 1). Однако общее поглощение дубом азота из почвы в этот

\* Работа выполнена под общим руководством проф. Н. М. Горшенина.

период, вероятно, небольшое. По данным Т. Н. Судницыной [7], почти 40—50% этого элемента в начале вегетации поступает в листья вместе с ранее образовавшимися пластическими веществами. К тому же листовой аппарат в это время еще не полностью развит, и его суммарная фитомасса небольшая.

Таблица 2

Подрост	Прирост по высоте за 1974 г., см	
	первый (июнь)	второй (июль—август)
Хорошо развитый	8,25	14,2
Среднеугнетенный	7,89	5,35
Сильноугнетенный	3,80	0,37

В середине вегетационного периода (июль — август) количество азота на единицу фитомассы листьев дуба уменьшается, но все же остается значительным. Поглощение же дубом азота из почвы в это время в условиях запада Украины, по всей вероятности, максимально, что обуславливается двумя причинами. Первая — резкое возрастание общей фитомассы листьев за счет увеличения их размеров и интенсивного формирования у подраста дуба второго прироста по высоте (табл. 2); вторая — потребности ассимиляционного аппарата в азотном питании в этот период обеспечиваются преимущественно за счет азота почвы (отток N из побегов прошлых лет ослабляется). Сделанный вывод косвенно подтверждается и данными биоэлектрической активности подраста дуба. Максимальные величины биопотенциалов у него также фиксируются в июле — августе (табл. 3), то есть наблюдается корреляция повышения уровня МЭП и предполагаемого увеличения интенсивности поглощения азота.

Таблица 3

Подрост	Значения МЭП, мВ						
	5.VI	5.VII	29.VII	5.VIII	25.VIII	13.IX	1.X
Дуб хорошо развитый	-3,6	10,4	21,1	27,3	17,2	2,1	-7,7
Дуб сильноугнетенный	-9,5	-3,3	-3,9	-4,5	-8,6	-9,2	-9,0
Сосна хорошо развитая	27,9	39,6	65,5	67,3	58,1	41,5	18,0
Сосна сильноугнетенная	-6,7	-4,3	-3,1	-2,0	-1,1	-3,8	-8,9

Примечание. Точки присоединения электродов — «корневая шейка — вершина прироста 1974 г.»; измерения выполнены в 14—15 ч.

В конце вегетационного периода (сентябрь — октябрь), в результате оттока ассимилятов в побеги, уровень азота в листьях резко снижается (в 4—15 раз по сравнению с началом вегетации).

Листья угнетенного подраста дуба в начале вегетационного периода содержат меньшее количество азота, чем хорошо развитого, однако у последнего уровень N в листовом аппарате в течение всего сезона снижается более интенсивно. В результате, начиная со второй половины вегетации, соотношение содержания азота на единицу фитомассы листьев меняется в пользу угнетенного подраста. Объясняется это, по-видимому, слабой подвижностью N в угнетенных растениях, что, в свою очередь, является следствием весьма слабой интенсивности

в них метаболических процессов. Последнее подтверждается данными изучения биопотенциалов подроста. Как видно из табл. 3, значения МЭП, характеризующие интенсивность обмена веществ, в угнетенных растениях близки к нулю или отрицательны.

Сезонные закономерности содержания и предполагаемого поглощения азота подростом сосны аналогичны. Как и у дуба, наибольшее количество N в хвое первого рода наблюдается в начале вегетации, в период же интенсивного увеличения размеров хвои (июль — начало августа) оно несколько уменьшается. Максимальный уровень МЭП также совпадает с периодом наиболее интенсивного поглощения азота из почвы и т. д. Однако, в отличие от дуба, количество этого элемента в ассимиляционном аппарате сосны в конце вегетации в целом не уменьшается, что объясняется биологическими особенностями этой породы.

Интересна сезонная динамика содержания и поглощения азота лещиной. В начальный период вегетации (июнь) в листьях лещины содержание N также весьма высоко. Но, в отличие от дуба и сосны, этот период у нее характеризуется и наиболее интенсивным увеличением фитомассы. Следовательно, уровень поглощения азота из почвы этой породой, вероятно, наибольший в начале вегетационного периода. В июле — августе, когда дуб и сосна поглощают максимальное количество азота из почвы, лещина, прекратив рост листового аппарата и молодых побегов, резко уменьшает потребление этого элемента, что можно объяснить ее приспособленностью к совместному произрастанию с дубом и сосной в лесных биогеоценозах. Наибольшее количество азота в листьях лещины наблюдается в конце вегетации. В связи с этим ее опад резко повышает емкость круговорота N в лесу.

В содержании и поглощении азота ежевикой, малиной и вейником выявлены следующие закономерности. Наиболее высокий уровень N в травах совпадает с периодом их самого интенсивного роста. Следовательно, есть основание предполагать, что в это время травы наиболее сильно конкурируют с древесными породами за азотное питание. В дальнейшем содержание азота в травяном покрове уменьшается и повышается только к концу вегетации.

Фосфор и калий. Максимальное содержание этих элементов на единицу фитомассы листьев подроста дуба отмечается в начале вегетационного периода, что, вероятно, обуславливается не только поглощением  $P_2O_5$  и  $K_2O$  из почвы, но и перекачиванием их из побегов прошлых лет (табл. 4). В дальнейшем, до августа, содержание этих элементов в целом уменьшается, а к концу вегетации снова возрастает. Исходя из сказанного и представленной в табл. 2 динамики роста, можно сделать заключение о двух периодах интенсивного поглощения  $P_2O_5$  и  $K_2O$  подростом дуба: первый — июнь — начало июля, второй — август — сентябрь.

В ассимиляционном аппарате сосны, как и дуба, максимальное количество  $P_2O_5$  и  $K_2O$  наблюдается в начале вегетации. Затем их содержание постепенно снижается к середине вегетационного периода и заметно повышается к концу вегетации. Режим поглощения фосфора и калия сосной характеризуется, видимо, весенне-летним максимумом, который наступает несколько позже, чем первый период интенсивного поглощения  $P_2O_5$  и  $K_2O$  дубом. Это благоприятно сказывается на характере ценотических взаимоотношений данных пород.

В сезонной динамике содержания и поглощения  $P_2O_5$  и  $K_2O$  лещиной, ежевикой, малиной и вейником наблюдаются закономерности, близкие к установленным нами для азота.

Таблица 4

Вид растения	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (числитель) и K <sub>2</sub> O (знаменатель), %						
	5.VI	5.VII	29.VII	5. VIII	25.VIII	13.IX	1.X
Дуб хорошо развитый	0,84	0,80	0,32	0,30	0,38	0,39	0,34
	<u>2,75</u>	<u>0,86</u>	<u>0,59</u>	<u>0,61</u>	<u>0,61</u>	<u>0,69</u>	<u>0,64</u>
Дуб среднеугнетенный	0,79	0,49	0,29	0,31	0,36	0,36	0,37
	<u>2,29</u>	<u>0,84</u>	<u>0,50</u>	<u>0,70</u>	<u>0,85</u>	<u>1,12</u>	<u>0,95</u>
Дуб сильноугнетенный	0,62	0,47	0,47	0,44	0,52	0,44	0,37
	<u>2,24</u>	<u>0,95</u>	<u>0,85</u>	<u>0,82</u>	<u>0,99</u>	<u>1,22</u>	<u>0,97</u>
Сосна хорошо развитая	Не опр.	0,47	0,36	0,28	0,29	0,28	0,30
		<u>1,10</u>	<u>0,90</u>	<u>0,70</u>	<u>0,63</u>	<u>0,74</u>	<u>0,75</u>
Сосна сильноугнетенная	Не опр.	0,35	0,29	0,25	0,26	0,29	0,30
		<u>0,92</u>	<u>0,89</u>	<u>0,82</u>	<u>0,66</u>	<u>0,80</u>	<u>0,83</u>
Лещина	0,58	0,47	0,42	Не опр.	0,44	0,49	0,50
	<u>0,79</u>	<u>0,71</u>	<u>0,77</u>		<u>0,63</u>	<u>0,75</u>	<u>0,78</u>
Ежевика	0,54	0,45	0,46	Не опр.	0,34	0,22	0,24
	<u>0,89</u>	<u>0,72</u>	<u>0,62</u>		<u>0,65</u>	<u>1,11</u>	<u>0,76</u>
Малина	0,66	0,62	0,44	Не опр.	0,31	0,51	0,19
	<u>1,53</u>	<u>1,47</u>	<u>1,21</u>		<u>0,95</u>	<u>0,90</u>	<u>0,84</u>
Вейник	0,46	0,44	0,47	Не опр.	0,19	0,22	0,22
	<u>1,95</u>	<u>1,87</u>	<u>1,43</u>		<u>1,45</u>	<u>1,80</u>	<u>1,84</u>

Существенные различия в сезонной динамике поглощения N, P, K дубом, сосной и лещиной сглаживают конкуренцию этих пород в процессе их корневого питания. Наибольшая конкуренция за азот, фосфор и калий между подростом дуба и сосны на вырубках и буйно развивающимися травами наблюдается в весенне-летний период.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ш. Горшенин Н. М., Криницкий Г. Т. Методика применения биоэлектрических потенциалов для исследования жизнеспособности подростка древесных пород. — Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции «Проблемы лесовосстановления». М., 1974. [2]. Горшенин Н. М., Пешко В. С. Динамика властивостей дерново-слабопідзолистих ґрунтів після другого прийому поступових рубок (за даними 1968 р.). — В зб.: Лісівницькі дослідження на Розточчі. Львів, «Каменяр», 1972. [3]. Костылева Е. В. Методы листового анализа в работах по применению удобрений в лесном хозяйстве. — «Лесное хозяйство», 1973, № 7. [4]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. И. Физиология древесных растений. М., «Лесная промышленность», 1974. [5]. Пешко В. С. Динамика властивостей дерново-слабопідзолистих ґрунтів Розточчя у зв'язку з рубками головного користування. — В зб.: Лісівницькі дослідження на Розточчі Львів, «Каменяр», 1972. [6]. Рубинштейн Д. Л. Общая физиология. М., Медгиз, 1947. [7]. Судницкая Т. Н. Особенности азотного питания сосны. — Тезисы докладов Всесоюзного совещания по вопросам питания древесных растений. Петрозаводск, «Карелия», 1969.

Поступила 27 июня 1975 г.

УДК 631.53

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ КОРНЕОТПРЫСКОВОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ  
ОСИНЫ И ЕГО СОСТОЯНИЕ**

А. М. ИЛЬИН

Воронежский лесотехнический институт

Установлено, что у предварительного корнеотпрыскового возобновления осины, возникшего под пологом средневозрастных спелых осиновых древостоев, после рубки части деревьев наблюдается ежегодное почернение и отмирание верхушек годичных побегов из-за отсутствия достаточного освещения; это приводит к легкому проникновению инфекции и появлению стволовой гнили. Рекомендуется при сплошной вырубке материнского насаждения «сажать» на пень весь подрост осины предварительного вегетативного происхождения.

Последующее корнеотпрысковое возобновление осины хорошо изучено как с биологической, так и с лесохозяйственной точек зрения. Оно считается ведущим при лесовосстановлении осинников. В то же время на предварительное возобновление осины не обращают должного внимания, его не учитывают при определении степени успешности вегетативного возобновления вырубок и не изучают. Все это происходит, очевидно, потому, что под пологом сомкнутых насаждений предварительное корнеотпрысковое возобновление осины вовсе отсутствует [2], или сохраняются только немногочисленные одно-двухлетние отпрыски [7] и что вполне жизнеспособные отпрыски в среднеполнотных насаждениях составляют мизерный процент по отношению к числу отпрысков после проведения сплошной рубки. Так, число отпрысков на вырубке может достигать до 2,6 млн. на 1 га [3], а под пологом материнского насаждения при полноте 0,6, по данным нашего учета на площадях, где изучали состояние подроста, составляет всего 2,8 тыс. шт. на 1 га.

Столь незначительное предварительное возобновление — результат рубки части деревьев и появления регенеративных отпрысков и частично пропагативных, не связанных с рубкой деревьев. Предварительное возобновление, связанное с вырубкой части деревьев, представлено отпрысками преимущественно одного возраста, ибо сама рубка проводится в течение определенного небольшого срока через сравнительно большие промежутки времени. Поэтому возраст отпрысков тесно связан с периодом проведения последней рубки деревьев.

В сплошнолесосечную главного пользования или лесовосстановительную рубку поступают осинники в основном среднеполнотные, изреженные проходной, выборочной или санитарной рубками. Такие осинники будут иметь корнеотпрысковый подрост 5—10 лет или более старшего возраста. Попав из относительного затенения материнским пологом на полное освещение, такой подрост быстро оправляется и оказывает затеняющее воздействие на однолетние отпрыски осины. Даже без учета затеняющего воздействия в последующем возобновлении будет наблюдаться интенсивное естественное изреживание. По нашим данным [5], отпад отпрысков осины за 10 лет составил 96,2—99,0% от первоначального числа (142—420 тыс. на 1 га).

При этом предварительное возобновление не числилось среди естественного отпада первого десятилетия. Отсюда следует, что то незначительное количество корневых отпрысков осины предварительной генерации, которое часто не принимается во внимание, может оказаться значительной примесью в формирующихся осиновых молодняках вегетативного происхождения.

Для изучения состояния отпрысков осины предварительного возобновления было проведено их обследование в июле 1974 г. на территории Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ, под пологом 50-летнего насаждения состава 7ОсЗД, при полноте 0,6; почва — темно-серая лесная супесь, тип условий местопроизрастания С<sub>2</sub>. На данном участке в феврале 1969 г. проводилась последняя проходная рубка интенсивностью 18% по массе. Количество отпрысков, по данным учета, на ленточных пробах, оказалось 2,8 тыс. на 1 га. Они располагались довольно равномерно по площади, тяготея к окнам полога.

Многочисленные раскопки показали, что основная масса отпрысков относится к регенеративным, почти все имеют в разной степени развитые зачатки собственной корневой системы и шестилетний возраст (очень редко пятилетний). Отпрысков других возрастов не обнаружено. Этим подтверждается появление отпрысков в результате проведенной рубки. Встречались и пропaгaтивнe отпрыски, происхождение которых также связано с разреживанием полога рубкой ухода и проникновением дополнительного солнечного тепла к поверхности почвы.

На рис. 1 показан 6-летний генеративный отпрыск, габитус и состояние которого характерны для подавляющего большинства отпрысков. Из рисунка видно, что ежегодно, в течение 6 лет, он давал прирост по высоте и даже сформировал крону. Однако верхушки побегов каждого года отмирали, образуя долгое время не разрушающиеся и не зарастающие «пенечки». Прирост следующего года начинался чаще из ближайшей к «пенечку» боковой почки, заменившей терминальную, которая, не успев сформироваться, усыхла вместе с частью побега. Нарушение строгого моноподиального ветвления, которое свойственно осине [6], происходит из-за недостатка света. Мы не можем это явление считать результатом неодревеснения побегов к периоду наступления заморозков, ибо к последнему дню обследования (18 июля) верхушки молодых побегов почти у всех отпрысков почернели. Не подходят для объяснения и понятие о перехвате влаги нижележащими ассимилирующими органами при наличии функционирующей кроны материнского дерева или же сочетания неблагоприятных погодных условий (в течение шести лет наблюдается однотипное явление). Массовое почернение окончаний побегов на многих подобных участках также нельзя отнести к разряду энтомологических повреждений или фитопатологическому заболеванию.

Ветвление рассматриваемых отпрысков под пологом леса можно назвать «вынужденным симподиальным» или «ложносимподиальным».

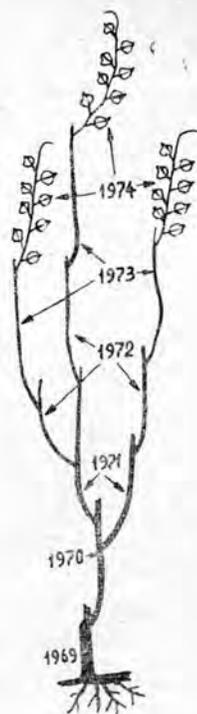


Рис. 1.

При обследовании отпрысков изучали состояние древесины приростов побегов разных лет путем расчленения их вдоль по сердцевине. При подробном осмотре десяти отпрысков, взятых без выбора, обнаружилась следующая закономерность. Во всех приростах, заканчивающихся «пенечком», наблюдается наличие краснины древесины, спускающейся от отмершей части вниз по годовичному приросту. При этом, чем старше в календарном отношении годовичный прирост, тем большую протяженность имеет краснина. Часто она заходит в сердцевину и местами приобретает бурю окраску, свойственную сердцевинной гнили. Мы не утверждаем, что это подлинная гниль, и не пытаемся доказать ее наличие, а соглашаемся с публикациями, утверждающими, что краснина не является начальной стадией сердцевинной гнили у осины [1], [4], [8]. Но сам факт наличия у шестилетнего растения незаросших, вертикально расположенных многочисленных «пенечков», создающих благоприятные условия для проникновения грибной инфекции, говорит о крайне неблагоприятном состоянии предварительного корнеотпрыскового возобновления, которое будет способствовать формированию пораженных гнилью деревьев. В связи с этим при проведении сплошнолесосечных рубок в осинниках следует обращать особое внимание на предварительное возобновление осины и обязательно «сажать» подрост на пень.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анкудинов А. М. Сердцевинная гниль осины и меры борьбы с ней. — Труды ВНИИЛХ, изд. ВНИИЛХ, 1939, вып. 7. [2]. Глазырин В. М. Вегетативное (корнеотпрысковое) возобновление осины. — В сб.: Научные основы повышения продуктивности лесов. Алма-Ата, изд. Каз. СХИ, 1971. [3]. Гушин И. И. Некоторые данные о возникновении и отпаде порослевых растений осины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1959, № 5. [4]. Гушин И. И. Распространение краснины по древесине стволика семенной осины. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1961, № 5. [5]. Ильин А. М., Федотов Н. Е. Влияние сезонов рубки на корнеотпрысковое возобновление осины и формирование молодых. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 5. [6]. Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М., «Советская наука», 1952. [7]. Смирнов В. В. Вегетативное размножение осины в нагорной части Теллермановской рощи. — Труды Института леса АН СССР, 1959, т. 40, вып. 2. [8]. Яблоков А. С. Воспитание и разведение здоровой осины. М., Гослесбумиздат, 1963.

Поступила 4 июля 1975 г.

УДК 631.31

### ВЛИЯНИЕ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ИЗНОС ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ ЛЕСНЫХ И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г. И. ЛАРИН

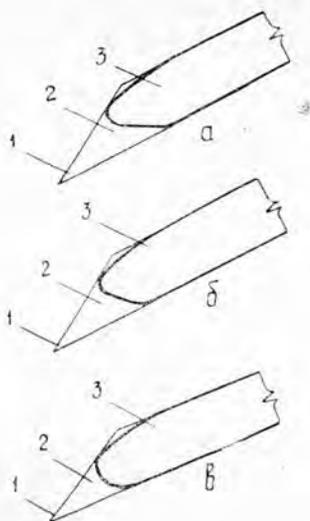
Ухтинский индустриальный институт

Изучен износ лемехов плугов лесных и общего назначения на окультуренной и лесной подзолистых почвах. Показано, что на лесных почвах профиль лезвий лемехов плуга ПКЛ-70 не зависит от механического состава почвы. Приведена зависимость износа лемехов плуга ПКЛ-70 по ширине от выработки.

Анализ факторов, влияющих на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, показывает, что изнашивание зависит, в первую очередь, от состояния почвы и ее физико-механических свойств

Рис. 1. Схемы износа лезвий лемехов.

*a* — плугов общего назначения на песчаной окультуренной почве; *б* — плугов общего назначения на глинистой окультуренной почве; *в* — лесных плугов на лесной почве; 1 — лезвие острого лемеха; 2 — начало приработки лезвия; 3 — окончание приработки лезвия.



(механического состава, влажности, твердости и окультуренности). На этот процесс влияет также конструкция самой машины, например, материал лемеха или угол постановки его к дну борозды, который у лесных плугов меньше.

Данные экспериментов показывают, что изнашивание лезвий лемехов плугов лесных и общего назначения на подзолистой почве имеет общие и отличительные черты (рис. 1).

В обоих случаях они изнашиваются по передней и задней граням. Лезвия лемехов в период приработки стабилизируются с образованием радиуса закругления при вершине.

Однако после стабилизации лезвия в изнашивании лемехов плугов появляются различия. При работе на окультуренных песчаных почвах на лезвиях лемехов задний угол резания на определенной длине становится равным  $0^\circ$  (рис. 1, *a*).

При работе на окультуренных почвах тяжелого механического состава задний угол резания, постепенно уменьшаясь, сначала становится равным  $0^\circ$ , а затем принимает отрицательное значение. Образуется затылочная фаска (рис. 1, *б*). Величина угла наклона затылочной фаски лезвий лемехов к дну борозды может быть различной. Например, И. П. Рабинович [2] установил, что на почвах тяжелого механического состава этот угол обычно равен  $10-15^\circ$ . Е. Н. Корушкин [1] считает, что на окультуренной глинистой почве в некоторых случаях этот угол может достигать  $35^\circ$ . При дальнейшем изнашивании как на песчаных, так и на глинистых почвах он остается неизменным, а увеличивается только ширина затылочной фаски. Таким образом, схема износа лезвий лемехов на окультуренных почвах зависит от механического состава почвы.

Лезвия лемехов лесных плугов изнашиваются иначе. Исследования, проведенные в Гродненском лесхозе Гродненской области на песчаных почвах, в Лужском лесхозе Ленинградской области на супесчаных почвах и в Вытегорском лесхозе Вологодской области на глинистых почвах, показывают, что лезвия лемехов лесных плугов ПКЛ-70 на неокультуренной почве изнашиваются по одной схеме независимо от механического состава. Профиль изношенного лезвия

лемеха практически одинаков на лесных почвах всех исследованных механических составов (рис. 1, в).

Очевидно, что при обработке некультуренной лесной почвы радиус закругления лезвия лемеха между его передней и задней гранями постепенно увеличивается, пока не станет равным половине толщины лемеха. Дальнейшее изнашивание лемеха идет за счет уменьшения его ширины.

На рис. 2 показан характер абразивного износа лезвий лемеха лесного плуга ПКЛ-70 для различной выработки. Лемехи изнашивались при подготовке почвы полосами под посадку лесных культур на некультуренной лесной глинистой почве.



Рис. 2.

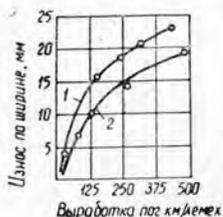


Рис. 3. Зависимость износа лемехов плуга ПКЛ-70 по ширине от выработки.

1 — на супесчаной почве; 2 — на суглинистой почве.

Процесс стабилизации лезвия лемеха, то есть образования радиуса закругления между передней гранью лезвия и задней гранью лемеха, показан на рис. 2, а. Радиус закругления в данном случае равен 1,5 мм. В дальнейшем величина радиуса закругления возрастает (рис. 2, б) до тех пор, пока не станет равной половине толщины лемеха (рис. 2, в), Максимальный радиус закругления между передней и задней гранями лемеха при этом находится в пределах 5—6 мм. Следовательно, профиль износа лезвий лемехов лесных плугов не зависит от механического состава обрабатываемой ими почвы.

В процессе изнашивания лезвий лемехов изменяется также их ширина. Зависимость износа лемехов плуга ПКЛ-70 по ширине от выработки на некультуренной лесной почве показана на рис. 3. Такая зависимость может быть представлена уравнением параболы, проходящей через начало координат.

Износ лемехов плугов общего назначения по ширине от выработки также описывается уравнением параболы второго порядка [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ш. Корушкин Е. Н. Зависимость износа лемехов от состава почвы. — В сб.: Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. Под ред. М. М. Хрущева. М., Машгиз, 1960. [2]. Рабинович И. П. Изыскание путей повышения износостойкости лемехов. — В сб.: Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. Под ред. М. М. Хрущева. М., Машгиз, 1960. [3]. Ткачев В. Н. Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. М., Машиностроение, 1964.

УДК 631.31

## ОБОСНОВАНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В. Н. ВИНОКУРОВ

Московский лесотехнический институт

Рассмотрено влияние различных факторов на износ и сроки службы деталей почвообрабатывающих машин, определены коэффициенты расхода запасных частей для республик Закавказья. Приведенные материалы представляют интерес для организаций, занимающихся планированием производства и распределением запасных частей.

В настоящее время предприятия лесного хозяйства снабжаются запасными частями в соответствии со среднесоюзными нормативами. Эти нормативы не учитывают в полной мере влияние зональных факторов на интенсивность изнашивания и сроки службы деталей машин.

Условия работы машин в горной зоне особенно тяжелы. Для этой зоны характерны сильная расчлененность рельефа, небольшие размеры участков, размещение их на склонах разной крутизны (10—40°), малая длина гонов. Кроме этого, почвы горной зоны, как правило, засорены щебнисто-каменистыми включениями, что значительно повышает абразивные свойства почвы.

О степени влияния условий эксплуатации машин, работающих в горных условиях, на сроки службы деталей можно судить по удельному расходу рабочих органов тракторных плугов общего назначения (табл. 1, данные за пять лет). Из этих данных видно, что сменность быстроизнашивающихся деталей плугов в республиках горной зоны значительно выше удельного расхода этих деталей в целом по СССР.

Таблица 1

Республика	Количество израсходованных деталей на 1000 га пашни		
	лемехов	отвалов	полевых досок
Грузинская	270,0	17,2	22,5
Азербайджанская	148,9	10,7	19,0
Армянская	377,0	11,5	21,2
В целом по СССР	76,9	7,9	15,3

Мы изучали влияние основных факторов на интенсивность изнашивания деталей и на этой основе определяли поправочные зональные коэффициенты расхода запасных частей к почвообрабатывающим машинам, работающим в горной зоне. На основании анализа литературных материалов и изучения условий эксплуатации почвообрабатывающих машин на предприятиях лесного хозяйства были выявлены и классифицированы основные факторы, влияющие на интенсивность изнашивания и расход запасных частей. Все эти факторы можно разделить на две группы: 1) факторы, определяющие интенсивность из-

нашивания деталей: каменность, механический состав, твердость и влажность почв; 2) факторы, влияющие на сезонную наработку машин: размер участков (длина гона), рельеф (угол склона), конфигурация участков, наличие препятствий (валуны, пни, порубочные остатки и т. п.).

Влияние указанных факторов на интенсивность износа деталей плугов изучали опытным путем. При этом использовали методы как однофакторного, так и многофакторного исследования.

В результате многолетних исследований изнашивания плужных лемехов на почвах, засоренных каменными включениями, установлено, что основными факторами, определяющими интенсивность изнашивания деталей на каменных почвах, являются механический состав, степень каменности и твердость почв. Получены значения интенсивности износа лемехов на почвах разного механического состава, степени каменности и твердости. Изучение было проведено по способу пассивного эксперимента. Результаты исследований обрабатывали методом регрессионного анализа. При этом было установлено, что интенсивность износа плужных лемехов от совместного влияния трех факторов ( $x_m$ ,  $x_k$ ,  $x_t$ ) с достаточной точностью может быть описана линейным уравнением вида

$$y = 23,1 + 0,285x_m + 2,65x_k + 1,27x_t,$$

где  $y$  — значение интенсивности изнашивания лемехов, г/га;  
 $x_m$  — содержание в почве частиц диаметром менее 0,01 мм;  
 $x_k$  — содержание в почве каменных включений, м<sup>3</sup>/га;  
 $x_t$  — твердость почвы, кг/см<sup>2</sup>.

Значение свободного члена уравнения получено путем интерполирования опытных значений интенсивности износа для случая, когда все факторы  $x_m$ ,  $x_k$ ,  $x_t$  равны нулю. Изменение интенсивности износа лемехов, отвалов и полевых досок на почвах разной степени каме-

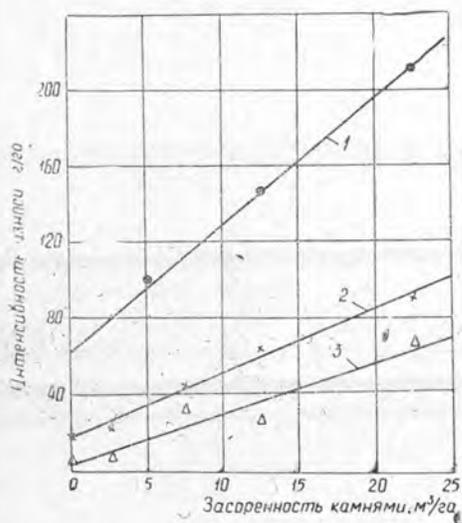


Рис. 1. Влияние засоренности почв камнями на интенсивность износа деталей плугов.  
 1 — лемехов; 2 — полевых досок; 3 — отвалов.

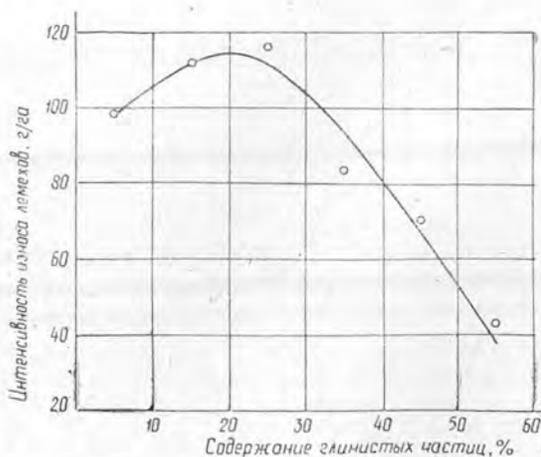


Рис. 2. Влияние механического состава щебнисто-каменных почв на интенсивность износа лемехов.

нистости показано на рис. 1, из которого видно, что зависимости хорошо аппроксимируются линейными уравнениями вида

$$y = a + bx_k,$$

где  $a$  — среднее начальное значение интенсивности износа, г/га;  
 $b$  — средняя интенсивность изменения исследуемого показателя, г/м<sup>3</sup>.

На рис. 2 показано влияние механического состава каменных почв на интенсивность изнашивания плужных лемехов. С увеличением содержания в почве глинистых частиц интенсивность износа плужных лемехов сначала возрастает, достигая максимального значения на легкосуглинистых почвах, а затем снижается.

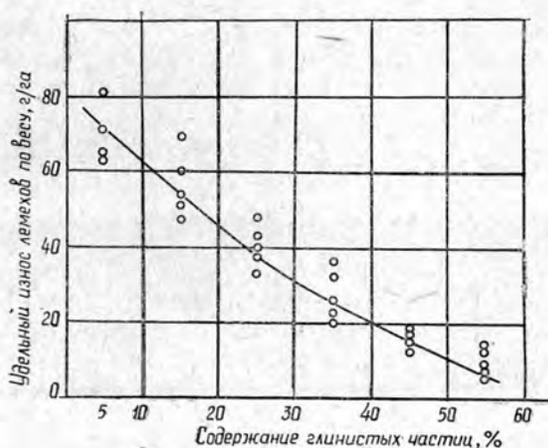


Рис. 3. Влияние механического состава некаменистых почв на интенсивность износа лемехов.

При отсутствии в почве каменных включений увеличение в ее составе глинистых частиц приводит к постепенному снижению интенсивности изнашивания лемехов (рис. 3). Эта зависимость с достаточной степенью точности описывается уравнением квадратного трехчлена

$$y = 0,01x_m^2 - 1,9x_m + 80,7,$$

где  $y$  — удельный износ лемехов по весу, г/га;

$x$  — содержание в почве глинистых частиц, %.

Таблица 2

Почва	Интенсивность износа, г/га					
	на некаменистых почвах			на почвах с щебнисто-каменными включениями		
	Число наблюдений	Среднее арифметическое значение	Показатель точности, %	Число наблюдений	Среднее арифметическое значение	Показатель точности, %
Песчаная	62	71,1	2,9	9	99,1	4,8
Супесчаная	120	54,7	2,9	22	111,7	4,8
Легкосуглинистая	74	42,5	3,5	10	116,9	8,5
Среднесуглинистая	212	24,0	2,5	46	83,8	5,1
Тяжелосуглинистая	97	14,7	2,7	15	70,5	10,3
Глинистая	63	9,5	5,3	9	43,0	2,6

Изнашивающую способность почв мы оценивали по интенсивности износа лемехов на почвах разного механического состава. С этой целью была использована и обработана вся имеющаяся информация по интенсивности износа плужных лемехов на почвах разного механического состава (с каменистыми включениями и без них). На основании полученных данных определены средние значения интенсивности износа лемехов и предельные погрешности средних значений при 90% доверительной вероятности. Полученные данные приведены в табл. 2. Как видно из данных таблицы, изнашивающая способность почв изменяется в больших пределах.

В одних и тех же районах можно встретить почвы разного механического состава. Поэтому для корректировки общесоюзных норм расхода запасных частей необходимо иметь усредненные по административным районам значения коэффициентов изнашивающей способности почв. Такие коэффициенты следует определять с учетом удельного веса почв разной степени каменистости и механического состава. Усредненные значения интенсивности изнашивания плужных лемехов по отдельным республикам определяли по формуле

$$I_{\text{в}}^{\text{ср}} = \frac{I_{\text{в}}^{\text{к}} F_{\text{о}}^{\text{к}} - I_{\text{в}}^{\text{н}} F_{\text{о}}^{\text{н}}}{F_{\text{о}}},$$

где  $I_{\text{в}}^{\text{ср}}$  — усредненное значение интенсивности изнашивания лемехов, г/га;

$I_{\text{в}}^{\text{к}}, I_{\text{в}}^{\text{н}}$  — средневзвешенные значения интенсивности изнашивания лемехов, определяемые с учетом удельного веса обрабатываемых площадей различного механического состава с каменистыми включениями и без них, г/га;

$F_{\text{к}}, F_{\text{о}}^{\text{н}}$  — площади пахотных почв с каменистыми включениями и без них, га;

$F_{\text{о}}$  — общая пахотная площадь, га.

Значения коэффициентов изнашивающей способности почв отдельных союзных республик определяли по формуле

$$K_{\text{абр}} = \frac{I_{\text{в}}^{\text{ср}}}{I_{\text{в}}^{\text{ср}}},$$

где  $I_{\text{в}}^{\text{ср}}$  — усредненное значение интенсивности изнашивания лемехов по союзной республике;

$I_{\text{в}}^{\text{ср}}$  — усредненное значение интенсивности изнашивания лемехов в целом по стране.

Влияние других факторов, отнесенных нами ко второй группе, оценивали по усредненным значениям показателей. Эти значения подсчитывали по формуле

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 F_1 + h_2 F_2 + \dots + h_n F_n}{F_{\text{о}}},$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — средние значения показателей (размеры участков, угол склона, конфигурация полей, наличие препятствий и др.) для каждого класса;

$F_1, F_2, \dots, F_n$  — площади участков в каждом классе;

$F_{\text{о}}$  — общая площадь группы участков, га;

$n$  — количество классов в каждой группе.

В результате анализ совокупного влияния основных факторов на интенсивность изнашивания и сменность деталей позволил установить

значения зональных поправочных коэффициентов к среднесоюзным нормам расхода запасных частей почвообрабатывающих машин и орудий для республик Закавказья (табл. 3).

Таблица 3

Республика	Фактическая наработка, га на 1 корпус	Коэффициент изнашивающей способности почв	Поправочный коэффициент
Грузинская	25,0	2,66	2,0
Азербайджанская	31,6	0,95	1,04
Армянская	25,7	2,27	2,49
В целом по СССР	56,5	1,00	1,00

Эти коэффициенты приняты В/о «Союзсельхозтехника» и внедряются в практику планирования потребности и распределения запасных частей.

Поступила 14 июля 1975 г.

УДК 634.0.28

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ДИКОРАСТУЩИХ ЯГОД ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Е. И. СЕНЬКО*

Львовский лесотехнический институт

Приведены результаты трехлетних исследований по определению ресурсов дикорастущих ягод во Львовской области в целях улучшения планирования объемов заготовок этих продуктов. Дана методика определения площадей и урожайности дикорастущих ягод.

В нашей стране имеются значительные ресурсы лесных пищевых продуктов (ягод, плодов, орехов, грибов и др.), которые пользуются большим спросом у населения и являются ценным сырьем для пищевой, фармацевтической и других отраслей промышленности. Лесные предприятия УССР занимаются заготовкой этих продуктов с 1967 г. Опыт показывает, что на предприятиях, где использованию дикорастущих уделяется должное внимание, удельный вес стоимости продукции ягод и грибов в общем объеме товарной продукции предприятия близок к удельному весу продукции лесозаготовок, а иногда и превосходит его. По данным Д. А. Телишевского [4], в лесхозагах Волини объем реализуемой продукции лесозаготовок в оптово-отпускных ценах предприятия составляет 4727 тыс. р., или 32,1% всей продукции, а объем реализации грибов и ягод — 4273 тыс. р., или 29,0%.

Однако в большинстве случаев эти продукты используются в малой степени, что объясняется рядом недостатков в деле заготовки дикорастущих плодов. Это отсутствие надлежащей организации труда, бессистемность и неупорядоченность заготовок, а главное — отсутствие обоснованных плановых заданий по заготовке дикорастущих. Плановые органы не имеют достоверных сведений о сырьевой базе, в то время как для решения проблемы рационального использования дико-

растущих ягод, плодов и грибов первостепенное значение имеет правильный учет ресурсов этих продуктов.

В течение ряда лет мы изучали ресурсы дикорастущих ягод на территории гослесфонда Львовской области УССР. Леса данного района можно считать типичными для других карпатских областей, а также примыкающих к Карпатам социалистических стран. Поэтому изучение сосредоточения ягодных ресурсов во Львовской области имеет определенное значение для решения практических задач их использования не только в рамках исследуемого района, но и за его пределами.

На основании статистической обработки материалов исследований мы пришли к выводу, что для практических целей рационального использования дикорастущих в данной области необходимо выделить три зоны: равнинную, предгорную и горную.

К первой зоне относятся восемь лесхоззагов: Бобрский, Бродовский, Брусский, Золочевский, Львовский, Нестеровский, Рава-Русский и Радоховский общей площадью 228,0 тыс. га (50,3%). Ко второй зоне отнесены три лесхоззага: Дрогобычский, Самборский, Стрыйский общей площадью 102,0 тыс. га (22,5%). В третью зону вошли четыре лесхоззага: Сколевский, Славский, Старо-Самборский и Турковский, занимающие площадь 123,6 тыс. га (27,2%).

Согласно ранее разработанной методике, исследование ресурсов ягодников Львовской области проводили в четыре этапа.

**I этап.** Для натурных исследований в каждой из трех зон были избраны типичные лесхоззаги: в равнинной зоне — Нестеровский и Радоховский (30% площади зоны), в предгорной — Дрогобычский (34%), в горной — Старо-Самборский и Турковский (48%).

**II этап.** В каждом из этих предприятий определяли площади ягодников, наиболее распространенных в районе исследования (черники, малины, ежевики, брусники и земляники). Для этого из таксационных описаний поквартально выбирали выделы, в которых ягодники в описании покрова стояли на первом месте. Учитывали также и другие условия, характерные для определенных видов ягодников. Например, при определении площади черничников выбирали лишь хвойные в возрасте 30—40 лет с полнотой 0,5—0,8, на свежих или влажных почвах. При определении площади малинников рассматривали лесосеки последних 3—7 лет с обязательным учетом изменений, имевших место в текущем году. Площади менее 0,5 га во внимание не принимали.

**III этап.** Сведения о выбранных в каждом лесничестве площадях дополнительно уточняли путем опроса всех лесников, а в случае необходимости и местного населения. Уточненные результаты записывали в специальную ведомость. В каждом лесничестве 5—7% выявленных ягодников проверяли в натуре, а на некоторых ягодниках закладывали пробные площади, в целях установления ориентировочной средней урожайности различных видов ягод.

**IV этап.** В наиболее характерных условиях исследуемых предприятий для определения средней урожайности с 1 га каждого вида ягодника закладывали постоянные пробные площади.

При учете все площади ягодников по степени плодоношения разделяли на три категории.

К I категории отнесены ягодники с проективным покрытием: черники — более 40%, малины и ежевики — более 50%, брусники — более 25%, земляники — более 50%. Это наиболее высокопродуктивные ягодники.

Во II категорию включены ягодники, проективное покрытие которых составляло: для черники — 21—40%, для малины и ежевики — 30—50%, брусники — 15—25% и для земляники — 30—50%.

В III категорию вошли ягодники с проективным покрытием: для черники — 5—20%, для малины и ежевики — 10—30%, брусники — 5—10%, для земляники — 10—30%. В неурожайные годы эти ягодники почти не плодоносили.

На основании натуральных исследований были определены площади ягодников гослесфонда Львовской области по отдельным предприятиям и зонам. Во Львовской области ягодники занимают 29374 га, что составляет 6,5% общей площади гослесфонда. Однако по территории области ягодники размещены неравномерно; горная зона, как по количеству, так и по качеству ягодников на единицу площади, превосходит предгорную и равнинную зоны.

Урожайность ягодников определяли по методу постепенных выборок [2]. Согласно этому методу, ягоды собирали на учетных площадках, равномерно расположенных на пробе. На 21 пробе количество учетных единиц превышало 600. Учетные единицы — это прямоугольные площади, величина которых определяется в зависимости от вида ягодников. Так, для черники, земляники и брусники размер учетных площадок 1 м<sup>2</sup>, а для малины и ежевики — 4 м<sup>2</sup>. Ягоды собирали один раз в период их массового созревания. Количество незрелых ягод умножали на средний вес зрелой ягоды. Таким образом на каждой площадке устанавливали вес всех ягод в переводе на зрелые. Результаты взвешиваний записывали в специальную ведомость и обрабатывали. По каждой выборке определяли среднее ее значение, размах выборки, точность в процентах и среднюю массу плодов на одной учетной единице.

Данные об урожайности заносили в сводную ведомость урожайности на пробных площадях. В результате группировки данных по некоторым сходным признакам, устанавливали среднюю потенциальную (биологическую) урожайность для каждого вида ягодника второй категории продуктивности. В связи с тем, что в практических целях потенциальные ресурсы ягод используются всего лишь на 50% [1] (хотя для различных ягод указанный процент неодинаков [3]), мы учитывали этот фактор для определения эксплуатационной урожайности.

Обработанные данные урожайности дикорастущих ягодников по категориям продуктивности во Львовской области представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вид ягодников	Урожайность дикорастущих ягод по категориям ягодных площадей, кг/га					
	I		II		III	
	потенциальная	эксплуатационная	потенциальная	эксплуатационная	потенциальная	эксплуатационная
Черника	375	170	207	93	110	50
Малина	300	165	153	84	75	41
Ежевика	150	82	111	61	65	35
Брусника	250	155	160	100	100	62
Земляника	175	105	112	67	50	30

На основании установленных размеров площадей ягодников по категориям продуктивности, а также урожайности каждого вида ягодника определены эксплуатационные ресурсы дикорастущих ягод в лес-

хоззагах Львовской области, которые составляют ориентировочно 2948 т; с учетом колхозных лесов — до 3690 т.

Однако до настоящего времени различные заготовительные организации Львовской области заготавливают ежегодно около 600 т дикорастущих ягод, то есть немногим более 16% их эксплуатационных запасов, в том числе предприятия лесного хозяйства всего 100—120 т. Эти цифры наглядно говорят о том, что без точных данных о ресурсах дикорастущих невозможно составить реальные планы заготовок и рационально использовать эти продукты.

Исследования по определению производственных ресурсов дикорастущих ягод в лесхозагах Львовщины имеют практическое значение, они могут быть использованы при планировании заготовок этих продуктов во Львовской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Козьяков С. Н. Учет грибов и ягод в лесхозагах Украинского Полесья. — «Лесное хозяйство», 1971, № 9. [2]. Фрукты, орехи и ягоды дикорастущие. Методы определения урожая и ресурсов. ГОСТ 17268—71. [3]. Телишевский Д. А. Анализ запасов грибов и ягод в лесах Волынской области и пути их использования. Автореф. на соиск. учен. степени канд. сельскохозяйств. наук. Киев, 1970. [4]. Телишевский Д. А. Заготовка недревесной продукции леса. М., «Лесная промышленность», 1973.

---

Поступила 18 декабря 1974 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.372

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ  
В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ В ЗОНЕ СОПРИКАСАНИЯ  
С БАШМАКОМ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЫ

И. И. СЛЕПКО, Н. В. МАТИИШИН

Львовский лесотехнический институт

Рассматриваются контактные напряжения, возникающие в проволоках несущего каната в зоне его контакта с башмаком промежуточной опоры. Получены выражения для определения величины максимальных контактных напряжений в проволоках каната от нормального давления каната на башмак, которое вызывается осевым натяжением каната и поперечной нагрузкой катка на канат.

Один из основных факторов, определяющих выносливость несущих канатов открытого типа, — величина контактных напряжений в проволоках каната. В процессе эксплуатации несущего каната в его элементах возникают: контактные напряжения в зоне соприкосновения их с катком грузовой каретки [1], [7]: контактные напряжения в зоне соприкосновения проволок каната с башмаком промежуточной опоры; контактные напряжения в зоне соприкосновения элементов каната между собой в прядях и между прядями.

Данная статья посвящена определению контактных напряжений в проволоках каната в зоне соприкосновения его с башмаком промежуточной опоры. Эти напряжения возникают в результате действия сил нормального давления и сил трения скольжения каната по башмаку.

При решении задачи использован принцип суперпозиции [3].

В практике лесоэксплуатации, как правило, обод башмака изготавливают из трубы, которую разрезают по диаметальному сечению. Отношение внутреннего диаметра трубы к диаметру несущего каната равно  $1,1 \div 1,2$ . Таким образом, контактирующую пару канат — башмак промежуточной опоры можно рассматривать как пару канат — каток грузовой каретки.

Максимальные контактные напряжения пары канат открытого типа — каток, возникающие в проволоках каната от нормального давления, равны [1]

$$p_0 = \frac{A_0}{\pi n} \sqrt[3]{PK_0^2 \frac{1}{\delta^2}} \text{ кгс/мм}^2, \quad (1)$$

где  $A_0$  — коэффициент, зависящий от упругих постоянных материалов обода катка и проволоки;

$\delta$  — диаметр проволоки внешнего слоя пряди;

$P$  — сила давления в точке контакта;

$K_0$  — коэффициент формы поверхностей;

$$K_0 = 1 + C_1 - C_2 + C_3;$$

$$C_1 = \frac{\delta}{D}; \quad C_2 = \frac{\delta}{2r_k}; \quad C_3 = \frac{\delta}{2R_{22}};$$

$D$  — диаметр катка;  
 $r_k$  — радиус выточки обода катка;  
 $R_{22}$  — радиус кривизны поверхности проволоки в точке контакта в направлении ее оси;  
 $mn$  — произведение коэффициентов, зависящее от геометрии тел в точке контакта и являющееся функцией  $\cos \theta$ ;

$$\cos \theta = \frac{[(1 - C_3)^2 - 2(1 - C_3)(C_1 + C_2) \cos 2\gamma + (C_1 + C_2)^2]^{1/2}}{K_0};$$

$\gamma$  — угол между касательной к оси проволоки в точке контакта с осью каната; приближенно можно принять

$$\gamma = \beta \pm \alpha^*;$$

$\alpha$  и  $\beta$  — углы свивки проволок в прядь и прядей в канат с учетом деформации растяжения; определяются из выражений [7]

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{1 - 1,5k_2 \varepsilon}{1 + \varepsilon} \operatorname{tg} \beta'; \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{1 - \mu_n \varepsilon (\cos^2 \beta' - 1,5k_2 \sin^2 \beta')}{1 + \varepsilon (\cos^2 \beta' - 1,5k_2 \sin^2 \beta')} \operatorname{tg} \alpha'; \end{aligned}$$

$\alpha'$  и  $\beta'$  — углы свивки проволок в пряди и прядей в новом канате;  
 $k_2$  — конструктивный коэффициент каната;  
 $\varepsilon$  — относительное удлинение каната;  
 $\mu_n$  — коэффициент сужения пряди и  $\mu_n \leq 1$  [2].

При соприкосновении каната с башмаком, поскольку диаметр башмака значительно больше диаметра проволоки, можно принять, что  $C_1 = 0$ .

Используя соотношение между диаметром каната  $d$  и диаметром проволоки  $\delta$  внешнего слоя пряди, полученное в работе [5] для шестипрядных канатов, и учитывая, что  $\frac{2r_k}{d} \approx 1,1 \div 1,2$ , получим выражение для определения величины коэффициента  $C_2$

$$C_2 = \frac{(1,1 \div 1,2)}{\left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{j}}{\cos \alpha} \right)^2} \right] \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{3}{\cos^2 \beta}} \right)}, \quad (2)$$

где  $j$  — число проволок во внешнем слое пряди.

Подсчеты показали, что с достаточной для практики точностью можно принять для канатов ГОСТов 2688—69, 3070—66 и 3077—69  $C_3 = 0,02$  и  $C_2 = 0,06 \div 0,07$ .

Сила давления башмака на проволоку и сила трения между ними зависит от величины нормального удельного давления и силы удельного трения.

Нормальное давление башмака на проволоку и соответственно на прядь вызывается осевым натяжением каната и поперечной нагрузкой. Для определения величины силы давления башмака на прядь используем принцип суперпозиции.

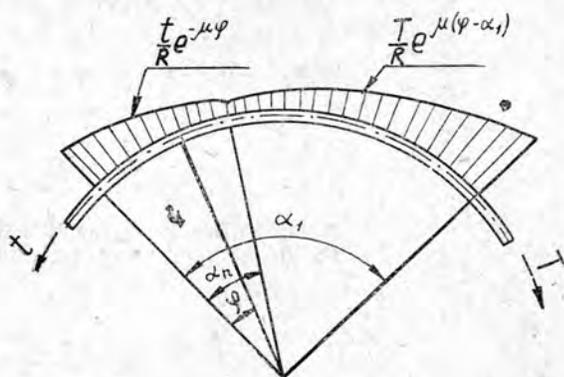
$$P_n = P_T + P_V, \quad (3)$$

\* Знак «минус» относится к канатам крестовой свивки.

где  $P_T$  и  $P_V$  — сила давления башмака на прядь, вызванная соответственно осевым натяжением каната и поперечной нагрузкой на канат.

Эпюра распределения удельного нормального давления в зоне контакта каната с башмаком при отсутствии каретки на башмаке

Рис. 1. Эпюра распределения удельного нормального давления по дуге контакта несущего каната с башмаком промежуточной опоры.



[4] приведена на рис. 1. Максимальное давление башмака на прядь, вызванное натяжением каната, возникает в крайней точке соприкосновения башмака с более натянутой ветвью каната (рис. 1) и равно

$$N_{max} = \frac{T}{R}, \quad (4)$$

где  $T$  — натяжение каната;  
 $R$  — радиус башмака.

Максимальная сила нормального давления башмака на прядь каната, вызванная его осевым натяжением,

$$P_T = \frac{N_{max} d_1}{\sin \beta} = \frac{T d_1}{R \sin \beta}, \quad (5)$$

где  $d_1$  — диаметр пряди каната.

Поперечная нагрузка катка  $V$  в наиболее невыгодном случае передается на одну верхнюю прядь каната. Поскольку сечение шестипрядного каната имеет две оси симметрии, то можно предположить, что это давление полностью передается на нижнюю прядь каната. Исходя из этого, получим, что  $P_V = V$ , где  $V$  — поперечная нагрузка катка на канате, равная

$$V = \frac{Q}{n_1} k_n k_d, \quad (6)$$

где  $Q$  — вес пачки бревен с кареткой;  
 $n_1$  — число катков грузовой каретки;  
 $k_n$  — коэффициент неравномерности распределения веса груза между катками каретки;  
 $k_d$  — коэффициент динамичности.

Из выражений (3), (5) и (6) получим

$$P_n = \frac{T d_1}{R \sin \beta} + \frac{Q}{n_1} k_n k_d. \quad (7)$$

Максимальная сила давления в точке контакта проволоки с башмаком

$$P = \frac{P_n}{n_2} k'_n = \left( \frac{Td_1}{R \sin \beta} + \frac{Q}{n_1} k_n k_d \right) \frac{k'_n}{n_2}, \quad (8)$$

где  $n_2$  — минимальное число проволок пряди, одновременно контактирующих с башмаком;  
 $k'_n$  — коэффициент неравномерности распределения давления башмака на прядь между ее проволоками [7];

$$k'_n = \frac{n^2}{\sum_{i=1}^{n_2} \left( \frac{a_i}{a_{max}} \right)^3};$$

$a_i$  и  $a_{max}$  — соответственно размеры больших полуосей  $i$ -того и наибольшего эллипсов контакта.

Вводя обозначение

$$k_p = \frac{A_0}{mn} \sqrt[3]{K_0^2}$$

и используя выражение (8), получим формулу для определения величины контактных напряжений пары канат — башмак промежуточной опоры

$$P_0 = k_p \sqrt{\left( \frac{Td_1}{R \sin \beta} + \frac{Q}{n_1} k_n k_d \right) \frac{k'_n}{n_2} \cdot \frac{1}{\delta^2}}. \quad (9)$$

Подсчеты показали, что с достаточной для практики точностью при стальном ободе башмака можно принять для канатов ГОСТ 3077—69 крестовой свивки  $k_p = 160$  и для параллельной свивки  $k_p = 95$ .

Нами проведены экспериментальные исследования по определению минимального числа точек контакта пары канат — башмак, размеров площадок контакта и коэффициента динамичности.

Работу канатной оснастки исследовали в лаборатории кафедры строительной механики ЛЛТИ на двухпролетной пробегной установке [6]. Было найдено, что минимальное число точек контакта для каната ГОСТ 3077—69 равно восьми.

Так как размеры отпечатков на новом канате установить затруднительно, то для определения (в первом приближении) величины коэффициента  $k'_n$  мы измеряли отпечатки на отработанном канате. Исследования показали, что для пары канат — башмак можно принять коэффициент неравномерности распределения давления  $k'_n = 1,7$ .

Коэффициент динамичности находили по формуле

$$n_d = \frac{V_{max}}{V_{ном}}, \quad (10)$$

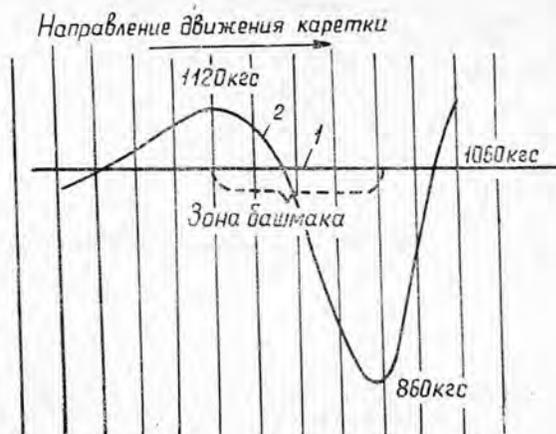
где  $V_{max}$  — максимальное давление катков каретки на канат при прохождении ею башмака промежуточной опоры;

$V_{ном}$  — номинальная (статическая) нагрузка на каретку.

Величину  $V_{max}$  определяли экспериментально. Для этого в цепь грузового каната включали силовое тензометрическое звено, показания которого записывали осциллографом ОТ-24-51. Скорость движения грузовой двухкатковой каретки с номинальной нагрузкой 1060 кгс составляла 1,5; 2,5; 3,3 м/с, натяжение несущего каната — до 7,9 и 12 тс.

Рис. 2. Типовая осциллограмма изменения давления каретки на несущий канат при  $v = 2,5 \text{ м/с}$  и  $T = 12 \text{ тс}$ .

1 — линия статической нагрузки на каретку, равной 1060 кгс; 2 — кривая изменения нагрузки на каретку при движении ее в зоне башмака.



На рис. 2 приведена типовая осциллограмма изменения давления каретки на несущий канат в зоне башмака промежуточной опоры, из которой видно, что при подходе каретки к башмаку давление ее на несущий канат несколько выше номинального, далее при перекатывании каретки по башмаку оно уменьшается.

Результаты обработки осциллограмм показали, что коэффициент динамичности изменяется от 1,03 до 1,15 в зависимости от скорости движения каретки и натяжения каната.

Значения контактных напряжений, возникающих в проволоках несущего каната ГОСТ 3077—69 в зоне соприкосновения с башмаком промежуточной опоры, подсчитаны по формуле (9) и в зоне соприкосновения с катком грузовой каретки — согласно [1]. Исходные данные: натяжение каната  $T = 12 \text{ тс}$ ; радиус башмака  $R = 2,6 \text{ м}$ ; диаметр пряди  $d_1 = 8,1 \text{ мм}$ ; угол свивки  $\beta = 17^\circ 11'$ ; диаметр проволоки внешнего слоя пряди  $\delta = 2 \text{ мм}$ ; вес груза  $Q = 1060 \text{ кгс}$ ; каретка двухкатковая, балансирующая, то есть  $k_n = 1$ ; диаметр катка  $D = 120 \text{ мм}$ ; радиус выточки обода катка  $r_k = 14 \text{ мм}$ ; коэффициент динамичности  $k_d = 1,1$ .

Исследования показали, что контактные напряжения, возникающие в проволоках каната от нормального давления в зоне соприкосновения его с башмаком промежуточной опоры, равны  $535 \text{ кгс/мм}^2$ , что составляет 67% от величины контактных напряжений в проволоках несущего каната в зоне соприкосновения его с катком грузовой каретки.

Используя результаты, полученные в работе [8], и выражение (9), можно определить величины контактных напряжений, возникающих на площадке контакта от сил трения скольжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Белая Н. М., Слепко И. И. Применение теории Герца—Беляева для определения максимальных напряжений контактирующей пары каток — канат открытого типа. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1973, № 1. [2]. Гушко М. Ф. Стальные подъемные канаты. Киев, «Техника», 1966. [3]. Ковальский Б. С. Расчет деталей на местное сжатие. Харьков, ХВИКУ, 1967. [4]. Матишин Н. В. Дослідження сил контакту між несучим канатом та башмаком проміжної опори контактної лісотранспортної установки. — В зб.: Лісова, паперова та деревообробна промисловість, вып. 8. Київ, «Будівельник», 1971. [5]. Нестеров П. П. Основы конструирования шахтных подъемных канатов. М., Углетехиздат, 1949. [6]. Прохоренко А. Г., Матишин Н. В. Установка для исследования выносливости несущих канатов. Авторское свидетельство № 387254. Бюллетень комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР № 27, 1973. [7]. Слепко И. И. Контактные напряжения пары канат —

каток с рифленой поверхностью. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 4. 181. Сленко И. И. Контактні напруження в несучому канаті при буксованні катка вантажної каретки. — 36: Лісова, паперова, та деревообробна промисловість», вып. 9. Київ, «Будівельник», 1972.

Поступила 18 октября 1974 г.

УДК 634.0.377.7

## О ФАКТОРАХ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ВЫБРОСУ ПУТИ

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский лесотехнический институт

Рассматривается влияние начальных неровностей, эксцентриситета продольной силы, поперечных сосредоточенных сил и местного ослабления балласта как факторов, вызывающих продольно-поперечные перемещения рельсо-шпальной решетки.

Длинные рельсы за последние годы находят все более широкое применение на лесовозных УЖД. В результате уменьшения количества стыков снижаются расходы на текущее содержание пути, улучшается его техническое состояние. Однако одновременно повышается опасность выброса рельсо-шпальной решетки.

Выброс температурно-напряженного железнодорожного пути обусловлен тем, что, помимо сжимающей силы, действуют факторы (начальные несовершенства), способствующие возникновению продольно-поперечного изгиба, а именно: начальные неровности рельсов, эксцентриситет продольной силы, поперечные силы и т. д. Если путь не имеет начальных несовершенств, он теоретически абсолютно устойчив, так как при  $f \rightarrow 0$   $P \rightarrow \infty$  ( $f$  — стрела прогиба изогнутого участка;  $P$  — продольная сила). Зависимость  $P(f)$  в этом случае гиперболическая (рис. 1, кривая 1). Если путь имеет начальные несовершенства, то зависимость  $P(f)$  изображается кривой 2, то есть при  $f=0$  сила  $P$  имеет конечное значение  $P_0$  и при  $P > P_0$  возникает продольно-поперечный изгиб.

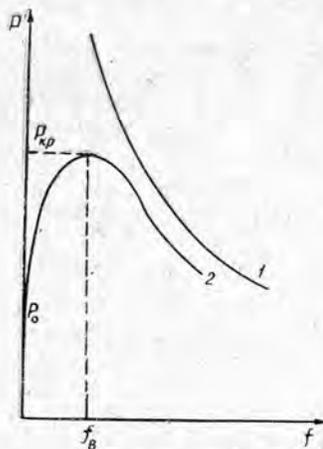


Рис. 1.

Таким образом, для изучения влияния тех или иных факторов на устойчивость пути следует построить график зависимости  $P(f)$ . Если она подобна кривой 2, то фактор способствует выбросу пути; если она подобна кривой 1, то фактор не способствует выбросу пути.

Методика составления, решения и исследования уравнения продольно-поперечного изгиба, использованная ниже, опубликована нами в ряде работ [2—5] и здесь не приводится. Отметим, что для большей наглядности полученных результатов принято  $q = \text{const}$ ,  $m = 0$ . Это не оказывает влияния на принципиальную сущность рассматриваемого процесса [4] и позволяет избежать громоздких математических выкладок.

Влияние каждого фактора будем рассматривать по отдельности, то есть если  $f_0 \neq 0$ , то  $e = 0$ , если  $e \neq 0$ , то  $f_0 = 0$  и т. д.

Исходные расчетные схемы и некоторые результаты решения приведены в табл. 1, где  $k = \sqrt{P \cdot EI}$ ;  $\varepsilon_0 = x_0 - \varepsilon$ ,  $f_0$  и  $2z_0$  — стрела прогиба и длина начальной неровности;  $e$  — эксцентриситет продольной силы;  $R$  — опорная реакция;  $N$  — поперечная сила;  $f_b$  — стрела прогиба изогнутого участка пути в момент выброса;  $P_{расч}$  — минимальная величина критической силы;  $t$  — температура рельса;  $\nu$  и  $\mu$  — численные коэффициенты, зависящие от формы начальной неровности;  $M$  — сосредоточенный момент;  $q$  — интенсивность реактивных сил. Данные табл. 1 позволяют рассмотреть влияние отдельных факторов на устойчивость пути.

1. Начальная неровность. Ее влияние на устойчивость пути рассмотрено нами ранее [3], [5], [6].

Изолированная неровность (табл. 1, схема а) способствует выбросу пути при условии, что ее длина меньше длины изогнутого участка:  $z_0 < x_0$ . В этом случае

$$z_0 \leq 1,88 \sqrt{\frac{f_0 EI}{q}} \quad (1)$$

и зависимость  $P(f)$  имеет вид кривой 2 на рис. 1. Максимуму  $P$  ( $P = P_{кр}$ ) соответствует условие  $kx_0 = \pi$ . Минимальной величины эти максимумы ( $P_{кр} = P_{расч}$ ) достигают при  $kz_0 = \nu$ . Величина  $\nu$  зависит от формы неровности и находится в пределах от 2 до 3.

Изгибные деформации для изолированной неровности должны предваряться сдвигом. Силы, действующие при сдвиге, показаны в табл. 1 (схема в).

Непрерывная волнообразная неровность (схема б) способствует выбросу пути при условии, что кривая  $P(f)$  касается оси ординат (оси  $P$ ) или пересекает ее. В этом случае

$$z_0 \leq 1,78 \sqrt{\frac{f_0 EI}{q}} \quad (2)$$

и зависимость  $P(f)$  подобна кривой 2 на рис. 1. Минимальная величина критической силы ( $P_{кр} = P_{расч}$ ) имеет место при касании кривой  $P(f)$  оси ординат.

Если условия (1) или (2) не выполняются, то неровность не влияет на выброс пути без воздействия дополнительных факторов. Зависимость  $P(f)$  в обоих случаях подобна кривой 1 на рис. 1.

Рельсы всегда имеют разнообразные неровности, поэтому основным следует считать условие (1); условие (2) в этом случае выполняется автоматически.

Для любой конкретной конструкции пути условие (1) позволяет: а) определить область нежелательных размеров неровностей и сформулировать требования к нормам рихтовки; б) зная размеры неровностей на том или ином участке, сделать вывод о его стабильности.

Например, для участка пути, уложенного рельсами Р24, известно, что  $q = 1$  кгс/см,  $f_0 = 1$  см,  $l = 530$  ( $l$  — длина волны неровности). По условию (1) для этого участка  $z_0 \leq 252$  см. Так как  $l > 2z_0$ , то выброса пути на участке при максимальной температуре рельсов не произойдет.

Начальные неровности зависят не только от конструкции верхнего строения пути, но и от характера воздействия подвижной нагрузки на путь. В связи с этим при движении поездов форма и размеры неровностей постоянно изменяются, поэтому степень устойчивости той

или иной конструкции пути можно объективно оценить только методами теории вероятности.

2. Эксцентриситет продольной силы. Рассмотрим две основные причины возникновения эксцентриситета: неравномерный нагрев рельсов по поперечному сечению и внецентренная передача усилия от одного рельса к другому в стыках.

Неравномерный нагрев рельсов (табл. 1, схема *г*) приводит к их искривлению (выпучиванию). Стрела прогиба  $f_t$  при выпучивании в первом приближении определяется по формуле, приведенной в табл. 1, где  $h$  — ширина подошвы рельса;  $t_1$  и  $t_2$  — температура кромок подошвы рельса;  $l$  — длина участка;  $\alpha$  — коэффициент температурного расширения.

Как показали наши ориентировочные расчеты, величина  $f_t$  может достигать нескольких миллиметров, что соизмеримо со стрелами прогибов начальных неровностей. Так как рельсы имеют, как правило, волнообразные неровности, то неравномерный односторонний нагрев приводит к увеличению стрелы прогиба одних (расположенных выпуклостью в сторону большей температуры) и уменьшению стрелы прогиба других (расположенных выпуклостью в сторону меньшей температуры) неровностей. Появление более выпуклых неровностей повышает опасность выброса пути.

Влияние неравномерного нагрева на устойчивость пути можно учесть косвенным методом, производя обмер неровностей пути в наиболее жаркое время года и дня.

Эксцентриситет в стыках пути, уложенного длинными рельсами, влияет на устойчивость и в зависимости от расположения стыковых сечений по длине изогнутого участка пути может быть симметричным (табл. 1, схема *д*) и несимметричным (схемы *е* и *ж*).

При симметричном эксцентриситете стрела прогиба участка находится посередине рельсового звена. Критическая сила изменяется в зависимости от расстояния между стыковыми сечениями и длины изогнутого участка. Она принимает минимальную величину ( $P_{кр} = P_{расч}$ ) при условии  $\epsilon_0 = \frac{x_0}{2}$ . При смещении стыковых сечений в сторону от этого положения (к центру или от центра) критическая сила увеличивается.

Длина изогнутого участка пути  $2x_0$  обычно составляет 400—600 см. Так как размеры длинных рельсов существенно больше, то симметричный эксцентриситет практически не влияет на устойчивость пути.

При расположении стыкового сечения по оси симметрии изогнутого участка рассмотрены два случая: косая обрезка торцов (схема *ж*) и перенос точки приложения силы без изменения ее направления (схема *е*). В обоих случаях максимуму сжимающей силы соответствует условие  $kx_0 = \pi$ . Соответствующая критическая сила является одновременно и расчетной, изменяясь обратно пропорционально исследуемому фактору: углу наклона стыкового сечения  $\alpha$  или расстоянию линии действия силы от оси рельса (эксцентриситета)  $e$ .

Зависимость  $P(f)$  в обоих случаях аналогична кривой 2 на рис. 1, то есть оба фактора способствуют выбросу пути. Несмотря на различные способы преобразования сил, действующих в стыковых сечениях, зависимости  $P(f_a)$  в обоих случаях идентичны, то есть способ преобразования сил не влияет на конечный результат.

Как установлено опытами в ЦНИИ МПС по выбросу пути, уложенного длинными рельсами, эксцентриситет влияет только на величину допускаемой силы, практически не отражаясь на величине «за-

критической» силы. Таким образом, зависимости, приведенные в табл. 1, нуждаются в корректировке, но один вывод бесспорен; эксцентриситет при определенных условиях способствует выбросу пути.

3. Сосредоточенные поперечные силы. Влияние одной сосредоточенной поперечной силы на устойчивость пути было рассмотрено подробно ранее [2]. При действии такой силы зависимость  $P(f)$  аналогична кривой 2 на рис. 1. Величина критической силы обратно пропорциональна  $N$ . На примере действия двух симметричных поперечных сил (табл. 1, схема 3) нами показано, что наибольшего значения критическая сила достигает при расположении обеих сил по оси симметрии изогнутого участка. Все расчетные зависимости, приведенные в табл. 1, справедливы только для этого случая.

Отметим, что зависимость  $P(f)$  имеет такой же вид, как и в случае действия эксцентриситета, то есть по характеру воздействия на устойчивость пути эти два фактора эквивалентны, хотя имеют различную физическую природу.

4. Местное ослабление балласта. Это возможно не только при ремонтных работах, но также в случаях, когда из-за недостаточного ухода за состоянием пути сопротивление сдвигу одной шпалы или группы их существенно ниже, чем сопротивление остальных (табл. 1, схема  $u$ ). Так, по данным Е. М. Бромберга [1], среднее квадратическое отклонение величины сопротивления шпалы сдвигу составляет 20—25% от среднего арифметического.

В результате решения дифференциального уравнения продольно-поперечного изгиба установлено, что зависимость  $P(f)$  имеет вид, подобный кривой 1 на рис. 1; то есть этот фактор (местное ослабление) на устойчивость пути сам по себе не влияет. Однако местное ослабление может усугублять действие других факторов, например, начальных неровностей.

При совместном действии местного ослабления и начальной изолированной неровности расчетная критическая сила определяется по формуле

$$P_{\text{расч}} = \sqrt{\frac{\left[ \pi - \frac{q - q_1}{q} (k\varepsilon_0 + \sin k\varepsilon_0) \right] qEI}{\mu f_0}} \quad (3)$$

Значения  $P_{\text{расч}}$  при  $q_1 = 0,8q$  и различной длине участка ослабления приведены в табл. 2.

Таблица 2

$\varepsilon_0$	0	$\frac{x_0}{4}$	$\frac{x_0}{2}$	$x_0$
$\frac{P_{\text{расч}}(q_1=0,8q)}{P_{\text{расч}}(q_1=q)}$	1	0,96	0,93	0,89

Влияние местного ослабления, помимо того, что оно способствует уменьшению допустимой продольной силы, может также проявиться в том, что выброс пути произойдет не там, где неровность наибольшая, а на другом участке пути.

Подводя итог изучению характера влияния отдельных факторов на устойчивость пути, можно сделать вывод, что при определенных условиях к выбросу пути приводят начальные неровности, эксцентрисис-

тет и сосредоточенные поперечные силы, способствующие развитию продольно-поперечного изгиба рельсо-шпальной решетки.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Бромберг Е. М. Устойчивость бесстыкового пути. М., «Транспорт», 1966.  
 12. Морозов С. И. О возможности выброса бесстыкового пути при его подъеме.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1969, № 6. 13]. Морозов С. И. О критерии устойчивости железнодорожного пути.— Труды АЛТИ, вып. XXVIII, 1971. 14]. Морозов С. И. Влияние переменности сил поперечного сопротивления на устойчивость пути.— Труды АЛТИ, вып. XXVIII, 1971. 15]. Морозов С. И. Влияние начальной неровности на устойчивость рельсового пути.— ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 2. 16]. Морозов С. И. К вопросу исследования устойчивости пути УЖД.— Труды АЛТИ, вып. XXXIII, 1972.

Поступила 14 февраля 1975 г.

УДК 629.11

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВЕСКИ АВТОЛЕСОВОЗА

А. М. ЖИГАЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Обоснована необходимость применения нелинейной характеристики в подвеске автолесовоза, приведен закон нелинейной характеристики и рассмотрены способы получения нелинейности в пружинных подвесках.

Пружинная подвеска, используемая на отечественных автолесовозах, может работать при больших значениях статического прогиба. Но с увеличением статического прогиба необходимо увеличивать и динамический прогиб, чтобы не было ударов в ограничители. Возрастание же статического и динамического прогибов ведет к заметному изменению высоты автолесовоза с грузом. При колебаниях и больших нагрузках может произойти задевание грузом поверхности дороги. По этой причине статический прогиб порожнего автолесовоза Т-140А составляет лишь 43 мм. Соответствующая частота свободных колебаний 145 кол/мин, что характеризует неудовлетворительную плавность его хода.

Чтобы уменьшить изменение высоты автолесовоза в зависимости от нагрузки, обеспечить малый динамический прогиб и сохранить достаточную динамическую емкость подвески, необходимо получить для нее нелинейную характеристику.

Оптимальная форма упругой характеристики для автомобилей различных типов окончательно не установлена. Однако известно, что плавность хода можно улучшить, если изготовить подвеску с такой нелинейной характеристикой, чтобы статический прогиб оставался неизменным или изменялся бы незначительно, при любых изменениях нагрузки. Нелинейная характеристика подвески в этом случае должна изменяться по закону показательной функции [2]

$$P = P_{ст} e^{\frac{f}{f_{ст}} - 1}, \quad (1)$$

где  $P_{ст}$  — статическая нагрузка;  
 $f_{ст}$  — статический прогиб;  
 $f$  — текущее значение прогиба (деформация) пружины.

Для получения такой характеристики пружины с линейной характеристикой необходимо заменить пружинами с нелинейной характеристикой.

Установим зависимость между основными параметрами пружины и ее характеристикой. Между углом закручивания пружины и крутящим моментом, приложенным к ней, существует зависимость [1].

$$d\varphi = \frac{M_{кр} dS}{GI_p}, \quad (2)$$

где

$$M_{кр} = PR;$$

$P$  — сила сжатия или растяжения пружины;

$R$  — средний радиус пружины;

$G$  — модуль упругости при кручении;

$I_p$  — полярный момент инерции сечения витка пружины;

$dS$  — изменение длины пружины при закручивании на угол  $d\varphi$ .

Угол закручивания  $d\varphi$  и осевая деформация пружины  $df$  связаны зависимостью

$$df = R d\varphi,$$

тогда полный ход (деформация) винтовой пружины при продольной осевой нагрузке  $P$  может быть найден по формуле

$$f = \int df = \int_0^S R \frac{M_{кр} dS}{GI_p} = \int_0^S \frac{P}{G} \cdot \frac{R^2}{I_p} dS. \quad (3)$$

Из формулы видно, что заданную нелинейность  $P=F(f)$  можно получить изменением следующих параметров: среднего радиуса  $R$ , длины стержня пружины и полярного момента инерции сечения витка пружины.

В существующей конструкции подвески автолесовоза диапазон изменения среднего радиуса пружины мал и не обеспечивает получения требуемой нелинейности.

Длина стержня пружины может быть определена из формулы

$$dS = 2\pi R dn,$$

где  $dn$  — часть витков пружины, соответствующая  $dS$ ;

$$dn = \frac{df}{t},$$

где  $t$  — шаг навивки пружины на участке  $dS$ .

Тогда

$$dS = 2\pi R \frac{df}{t}.$$

Следовательно, меняя шаг навивки пружины по ее высоте, можно получить нелинейную зависимость  $P=F(f)$ .

Полярный момент инерции сечения витка пружины зависит от формы сечения витка и его площади

$$I_p = \int_0^F \rho^2 dF.$$

Таким образом, заданную нелинейность упругой характеристики пружины можно получить изменением: шага навивки витков пружины;

сечения витков пружины; шага навивки и сечения витков одновременно.

Пружину с переменным шагом можно изготовить на токарном станке с переменной подачей суппорта. Изготовление пружин с переменным сечением витка не вызывает особых осложнений в случае применения прямоугольного сечения.

У пружин с переменным сечением нелинейная характеристика достигается за счет того, что при нагружении пружины силой  $P$  витки с меньшей площадью сечения деформируются в первую очередь, что приводит к их блокировке, то есть посадке витков друг на друга. В результате уменьшения количества рабочих витков (что равноценно уменьшению рабочей длины пружины) характеристика пружины становится нелинейной.

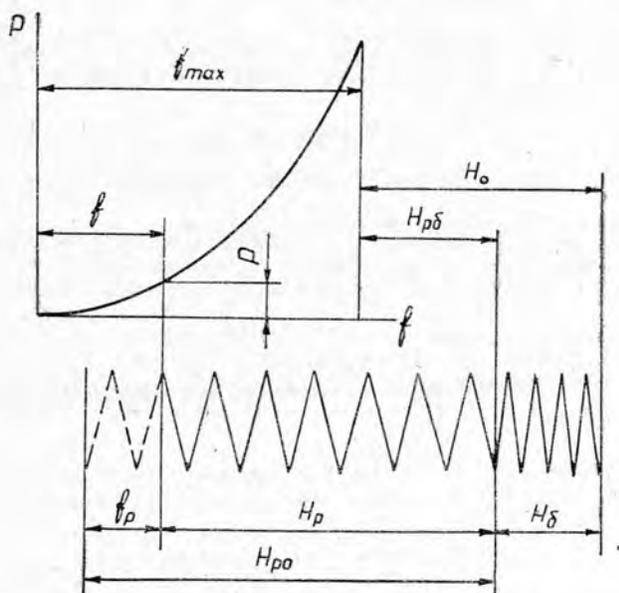


Рис. 1.

Чтобы выявить взаимосвязь между нагрузкой и вызванной ею деформацией пружины, рассмотрим схему, изображенную на рис. 1. Здесь приняты следующие обозначения:

- $H_0$  — высота всей пружины в предельно сжатом состоянии;
- $H_δ$  — высота заблокированных витков пружины;
- $H_{pδ}$  — высота рабочих витков пружины в предельно сжатом состоянии;
- $H_{p0}$  — высота рабочих витков пружины в свободном состоянии;
- $H_p$  — высота рабочих витков пружины при заданной нагрузке;
- $f$  — прогиб рабочих витков пружины.

Из приведенной схемы видно, что

$$f_{max} - f = H_p - H_{pδ}; \quad H_p = H_{p0} - f_p;$$

$$f_{max} - f = H_{p0} - H_{pδ} - f_p,$$

но из формулы (3)

$$f_p = P \int_0^{S_p} \frac{R^2}{GI_p} dS_p,$$

следовательно,

$$P \int_0^{S_p} \frac{R^2}{GI_p} dS_p = H_{p0} - H_{p6} - (f_{max} - f), \quad (4)$$

где  $S_p$  — длина стержня рабочих витков пружины.

При выводе этой формулы размеры крайних заблокированных витков не учитывали, так как они при блокировке в работе не участвуют.

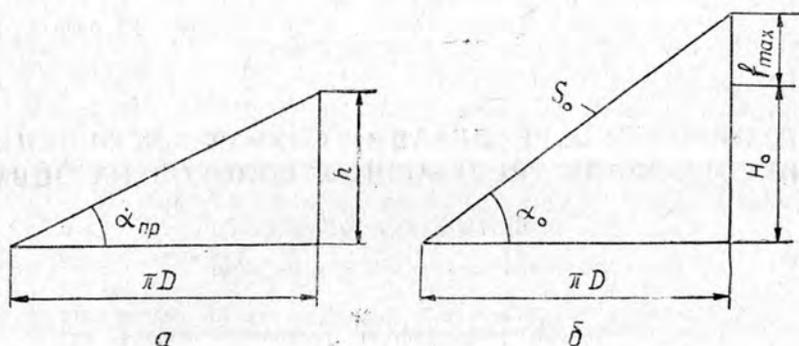


Рис. 2.

Из приведенной на рис. 2 схемы найдем углы подъема винтовой линии пружины в предельно сжатом (а) и свободном (б) состояниях

$$\operatorname{tg} \alpha_{пр} = \frac{h}{\pi D}; \quad \sin \alpha_0 = \frac{H_0 + f_{max}}{S_0},$$

где  $\alpha_{пр}$  — угол подъема винтовой линии витков пружины в предельно сжатом состоянии;

$\alpha_0$  — угол подъема винтовой линии пружины в свободном состоянии;

$S_0$  — длина всей развертки пружины.

Тогда

$$H_{p6} = S_p \sin \alpha_{пр};$$

$$H_{p0} = S_p \sin \alpha_0.$$

Подставив полученные выражения в уравнение (4), найдем

$$f_p = S_p (\sin \alpha_0 - \sin \alpha_{пр}) - (f_{max} - f) \quad (5)$$

или

$$P \int_0^{S_p} \frac{R^2}{GI_p} dS_p = S_p (\sin \alpha_0 - \sin \alpha_{пр}) - (f_{max} - f). \quad (6)$$

Выведенная формула устанавливает зависимость между размерами пружины и ее характеристикой. В формулу входят параметры  $S_p$ ,  $I_p$  и  $R$ , изменяя которые, можно получить заданную нелинейную характеристику  $P=F(f)$ .

Уравнение (6) решено графо-аналитическим методом [2]. Установлено, что для получения нелинейной характеристики пружины ширина прямоугольного сечения стержня по его длине должна изменяться по закону, близкому к линейному. Это облегчает изготовление развертки пружины, так как дает возможность вести обработку заготовки пружины с постоянным уклоном.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Курендаш Р. С. Конструирование пружины. Киев, Машгиз, 1958. 121.  
Яценко Н. Н., Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. М., «Машиностроение», 1969.

Поступила 20 февраля 1975 г.

УДК 629.114.001.2.531.3

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИЙ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ МИКРОПРОФИЛЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ НА ЭЦВМ

Б. В. БИЛЫК, Б. Т. ПЕРЕТЯТКО

Львовский лесотехнический институт

Изложена методика моделирования на ЭЦВМ реализаций случайных функций микропрофиля трелевочных волоков по заданным их вероятностным характеристикам. Разработан алгоритм и составлена на АЛГОЛе-60 программа моделирования случайных функций воздействия трелевочных волоков по их корреляционным функциям при различной скорости движения трактора.

В ряде случаев, особенно при исследовании нелинейных колебаний трелевочных тракторов, возникает необходимость представить микропрофиль трелевочного волока в виде его реализации. Проблема построения реализаций случайного процесса по заданным вероятностным характеристикам в настоящее время решается по трем направлениям:

- 1) представление случайных процессов в виде детерминированных функций некоторой совокупности случайных величин;
- 2) воспроизведение случайных функций при помощи специальных генераторов;
- 3) построение реализаций случайного процесса с помощью алгоритмических методов.

Рассмотрим возможность применения алгоритмических методов построения реализаций случайных процессов для моделирования микропрофиля трелевочных волоков. Выполненные нами, а также Ю. Е. Рыскиным (ЦНИИМЭ) и Ю. А. Добрыниным (ЛТА) исследования позволили установить, что микропрофиль трелевочных волоков — эргодический стационарный случайный процесс с гауссовым распределением и рациональным спектром. Корреляционные функции микропрофиля хорошо аппроксимируются функциями

$$R_q(n\Delta) = D_q e^{-\alpha |n\Delta|} \cos \beta n\Delta; \quad (1)$$

$$R_q(n\Delta) = D_q [A_1 e^{-\alpha_1 |n\Delta|} + A_2 e^{-\alpha_2 |n\Delta|} \cos \beta n\Delta], \quad (2)$$

где  $n$  — целочисленный аргумент;  
 $\Delta$  — шаг дискретности (интервал времени);  
 $\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \beta$  — коэффициенты корреляционной связи;  
 $D_q$  — дисперсия ординат микропрофиля;  
 $A_1, A_2$  — весовые коэффициенты.

Задача построения реализации микропрофиля трелевочного во- лока сводится к получению разностного уравнения некоторого линей- ного дискретного оператора, на вход которого подается сигнал  $\xi$  в виде гауссова белого шума, а на выходе воспроизводится случайная функция  $q$  заданного микропрофиля. Поскольку в этом случае спек- тральная плотность входного сигнала  $S_\xi^*(z) = 1$ , то спектральная плотность микропрофиля определяется выражением

$$S_q^*(z) = |W^*(z)|^2, \quad (z = e^{i\omega\Delta}, \quad (3)$$

где  $W^*(z)$  — частотная характеристика линейного дискретного опера- тора.

В нашем случае вероятностный процесс имеет рациональный спектр, поэтому частотная характеристика требуемого линейного ди- скретного оператора

$$W^*(z) = \frac{\sum_{j=0}^a E_j z^j}{\sum_{k=0}^b F_k z^k}, \quad F_b = 1, \quad a < b. \quad (4)$$

Стационарная нормальная последовательность  $q_n$  с рациональным спектром может быть представлена в виде следующего уравнения [3], [5]:

$$\sum_{k=0}^b F_k q_{n+k} = \sum_{j=0}^a E_j \xi_{n+j}, \quad (5)$$

где  $\xi_n$  — независимые нормальные числа с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Уравнение (5) можно использовать для моделирования воздейст- вия микропрофиля волока на трелевочный трактор. Для каждого  $n$  имеет место соотношение

$$F_0 q_n + F_1 q_{n+1} + \dots + F_{b-1} q_{n+b-1} + q_{n+b} = E_0 \xi_n + \dots + E_1 \xi_{n+1} + \dots + E_a \xi_{n+a}. \quad (6)$$

При суммировании нескольких независимых стационарных нор- мальных процессов образуется стационарный нормальный процесс, корреляционная функция которого равна сумме корреляционных функ- ций слагаемых. Поэтому случайный процесс с корреляционной функ- цией (2) можно получить суммированием двух независимых реализа- ций случайных процессов со следующими корреляционными функ- циями:

$$R_{q1}(n\Delta) = \sigma_1^2 e^{-\alpha_1 |n\Delta|}, \quad (7)$$

$$R_{q2}(n\Delta) = \sigma_2^2 e^{-\alpha_2 |n\Delta|} \cos \beta n\Delta, \quad (8)$$

где

$$\sigma_1^2 = D_q A_1; \quad \sigma_2^2 = D_q A_2.$$

Таким образом, задача построения модели микропрофиля волокна на ЭЦВМ заключается в получении уравнения типа (6) по корреляционным функциям (7) и (8).

Спектральные плотности моделируемых процессов, которые можно получить, применив к корреляционным функциям (7) и (8) двухстороннее дискретное преобразование Фурье [4], представляются выражениями:

$$S_{q1}^*(z) = \frac{A}{B_1 z^2 + B_0 z + B_1} z, \quad (9)$$

$$S_{q2}^*(z) = \frac{C_1 z^2 + C_0 z + C_1}{D_2 z^4 + D_1 z^3 + D_0 z^2 + D_1 z + D_2} z, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} d_1 &= e^{-\sigma_1 \Delta}; \quad d_2 = e^{-\sigma_2 \Delta}; \quad A = \sigma_1^2 (1 - d_1^2); \quad B_1 = -d_1; \quad B_0 = 1 + d_1^2; \\ C_1 &= \sigma_2^2 (d_2^3 - d_2) \cos \beta \Delta; \quad C_0 = \sigma_2^2 (1 - d_2^4); \quad D_2 = d_2^2; \\ D_1 &= -2 (d_2^3 + d_2) \cos \beta \Delta; \quad D_0 = 1 + d_2^4 + 4d_2^2 \cos \beta \Delta. \end{aligned}$$

Разлагая полиномы числителей и знаменателей спектральных плотностей (9) и (10) на элементарные множители и учитывая уравнение (3), получим выражения частотных характеристик дискретных операторов, формирующих процессы с корреляционными функциями (7) и (8),

$$W_1^*(z) = \frac{\sigma_1 \sqrt{1 - d_1^2}}{z - d_1}; \quad (11)$$

$$W_2^*(z) = \frac{\sigma_2 C^{-1} d_2 (d_2^3 - 1) z + \sigma_2 C}{z^2 - 2z d_2 \cos \beta \Delta + d_2^2}, \quad (12)$$

где

$$C = \sqrt{\frac{1}{2} [1 - d_2^4 - \sqrt{(1 - d_2^4)^2 - 4d_2^2 (d_2^2 - 1) \cos^2 \beta \Delta}] }.$$

Учитывая выражение (4), можно записать некоторые, удобные для представления в ЭЦВМ, рекуррентные соотношения для процессов с корреляционной функцией (7):

$$q_{1n} = d_1 q_{1(n-1)} + \sigma_1 \sqrt{1 - d_1^2} \xi_n \quad (13)$$

и с корреляционной функцией (8):

$$\begin{aligned} q_{2n} &= 2q_{2(n-1)} d_2 \cos \beta \Delta - q_{2(n-2)} d_2^2 + \sigma_2 C^{-1} d_2 (d_2^2 - 1) \xi_n + \\ &+ \sigma_2 C \xi_{n-1}. \end{aligned} \quad (14)$$

Укажем некоторые практические рекомендации по использованию приведенных уравнений.

Избавиться от переходного процесса при моделировании случайной последовательности  $q_{2n}$  можно путем соответствующего выбора начальных условий, например, положив

$$\begin{aligned} q_{2(-1)} &= \frac{1}{1 + d_2^4} [2q_{20} d_2 (1 - d_2^2) \cos \beta \Delta + \sigma_2 C^{-1} (d_2^2 - 1) (\xi_1 - d_2^2 \xi_2) + \\ &+ \sigma_2 C (\xi_3 - d_2^2 \xi_4)], \end{aligned} \quad (15)$$

а значение  $q_{20}$  приняв произвольным из ряда нормальных случайных чисел с параметрами  $(0, \sigma_2^2)$ . Выражение (15) можно получить, записав два уравнения (14) для случайной последовательности  $q_{2n}$  при движении как влево, так и вправо от некоторой ее точки  $i$ .

Дискретная реализация будет иметь те же частоты, что и исходный непрерывный процесс, если на каждый цикл соответствующего колебания приходится по меньшей мере два отсчета. Поэтому наиболее высокая частота  $\omega_c$ , которая может быть выделена при дискретизации со скоростью  $1/\Delta$  отсчетов в секунду, равна  $\pi/\Delta c^{-1}$ . Рекомендуется частоту  $\omega_c$  выбирать в 1,2—2 раза больше максимальной частоты в спектре моделируемого процесса [1]. Анализ энергетических спектров воздействия, поступающего от волока на колесный трелевочный трактор при скорости движения последнего  $V = 1$  м/с, показывает, что в качестве максимальной частоты в спектре этого процесса может быть принята частота  $10 \text{ с}^{-1}$ . Следовательно, при построении микропрофиля волока на ЭЦВМ шаг дискретности должен составлять  $\Delta \leq 0,25/V \text{ с}$ .

Нормально распределенные случайные некоррелированные величины  $\xi_n$ , которые входят в рекуррентные формулы (13) и (14), можно получить, воспользовавшись центральной предельной теоремой для одинаково распределенных случайных величин  $p_j$ . Согласно этой теореме, если  $p_1, p_2, \dots, p_n$  — независимые случайные величины, имеющие один и тот же закон распределения, то при неограниченном увеличении  $n$  закон суммы этих величин неограниченно приближается к нормальному. Это позволяет для получения нормально распределенных чисел с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией воспользоваться формулой

$$\xi_n = \sum_{j=1}^{12} p_j - 6, \quad (16)$$

где  $p_j$  — псевдослучайные числа, равномерно распределенные на интервале  $[0,1]$ .

Псевдослучайные числа  $p_j$  можно получить, например, с помощью рекуррентного соотношения Дэвиса [6]

$$U_{j+1} = [U_j + U_{j-1}] \pmod{4} \quad (17)$$

из выражения

$$p_j = \frac{1}{4} U_{j+1}, \quad (18)$$

где

$$U_0 = \pi; \quad U_1 = 5^{17} 2^{-42}.$$

Запись (17) означает, что  $U_{j+1}$  равно остатку, полученному при делении  $[U_j + U_{j-1}]$  на 4.

По изложенной методике нами составлена на языке «АЛГОЛ-60» программа моделирования случайных функций воздействия трелевочных волоков по их корреляционным функциям. Различные реализации с помощью этой программы можно получить, присвоив начальным значениям составляющих случайных функций воздействия  $q_{1(n-1)}$  и  $q_{2(n-1)}$  различные произвольные числа с параметрами соответственно  $(0, \sigma_1^2)$  и  $(0, \sigma_2^2)$ . Моделирование воздействия трелевочного волока

при различных скоростях движения трактора достигается путем соответствующего изменения коэффициентов корреляционной связи, входящих в выражения (7) и (8). При этом шаг дискретизации моделируемого процесса также желательнее изменить. Значения этих коэффициентов и шага дискретизации при произвольной скорости движения  $V$  определяются по формулам

$$\alpha = \alpha_1 V; \quad \beta = \beta_1 V; \quad \Delta = \Delta_1 / V. \quad (19)$$

Здесь индексом 1 отмечены коэффициенты корреляционной связи и шаг дискретизации при  $V=1$  м/с.

*Программа моделирования реализаций случайных функций микропрофиля трелевочных волоков («АЛГОЛ-60»)*

```

begin real  Δ, Δ1, V, d1, σ1, α1, α1, α11, B, d2, σ2, C, α2, α2, α21, γ,
           β, β1, ξ1, ξ2, q, q1, q10, q2, q21, q20, ε, U1, U2;
real procedure ξ;
           begin real p, b; integer i;
                 b := 0; for i := 1 step 1 until 12 do
begin p := U1 + U2; U1 := U2; if p ≥ 4 then
p := p - 4; U2 := p; b := b + p/4;
end; ξ := b - 6;
end; U1 := 3.14159265; U2 := 5 ↑ 17 × 2 ↑ (-42);
input (Δ1, V, σ1, α11, σ2, α21, β1, q10, q20, ε);
comment α11, α21, β1 — коэффициенты корреляционной связи при
единичной скорости движения, q10 и q20 — начальные значения моделируемого процесса, ε — произвольное число, меньшее отличного от нуля σ1 или σ2;
Δ := Δ1/V; α1 := α11 × V; α2 := α21 × V; β := β1 × V;
α1 := (-α1) × Δ; α2 := (-α2) × Δ; d1 := exp(α1);
d2 := exp(α2); γ := β × Δ; B := 2 × d2 × cos(γ);
C := sqrt((1 - d2 ↑ 4 - sqrt((1 - d2 ↑ 4) ↑ 2 - B ↑ 2 ×
× (d2 ↑ 2 - 1) ↑ 2))/2);
ξ1 := d2 ↑ 2 × ξ; ξ1 := ξ - ξ1; ξ2 := d2 ↑ 2 × ξ; ξ2 := ξ - ξ2;
q21 := (B × q20 × (1 - d2 ↑ 2) + σ2 × (d2 ↑ 2 - 1) × ξ1/C + σ2 ×
× ξ2 × C)/(1 + d2 ↑ 4);
ξ1 := ξ; ξ2 := ξ;
L: begin q1 := d1 × q10 + σ1 × sqrt(1 - d1 ↑ 2) × ξ; q10 := q1;
q2 := B × q20 - d2 ↑ 2 × q21 + σ2 × d2 × (d2 ↑ 2 - 1) ×
× ξ2/C + σ2 × C × ξ1;
ξ1 := ξ2; ξ2 := ξ; q21 := q20; q20 := q2;
if σ1 < ε then q := q2 else if σ2 < ε then q := q1 else
q := q1 + q2; output(q);
end; go to L;
end;

```

ЛИТЕРАТУРА

11. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов, М., «Мир», 1974. 12. Голенко Д. И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на ЭВМ. М., 1965. 13. Дуб Дж. Л. Вероятностные процессы, М., ИЛ, 1956. 14. Кузин Л. Т. Расчет и проектирование дискретных систем управления. М., Машгиз, 1962. 15. Срагович В. Г. Моделирование некоторых классов случайных процессов. — Журнал вычислительной и математической физики, 1963, т. 3, № 3.

Поступила 27 ноября 1974 г.

УДК 621.8 : 634.0.362

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕДУКТОРА  
БЕНЗИНОМОТОРНЫХ ПИЛ**

*И. И. ФЕДОТОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Изложена методика исследования надежности бензиномоторных пил и их сборочных единиц в условиях эксплуатации и на стенде; дан анализ отказов редуктора и причин их возникновения; выявлены законы распределения отказов редуктора и его деталей; приведены основные показатели безотказности редуктора и математические выражения для количественной их оценки; указаны пути повышения надежности редуктора.

Надежность и долговечность редуктора бензиномоторной пилы зависит от конструктивных, технологических, эксплуатационных факторов, квалификации вальщика и др.

Задачей исследования является: выявление отказов редуктора и причин их возникновения; установление степени влияния некоторых факторов эксплуатации на надежность; количественная оценка надежности; разработка рекомендаций по повышению надежности.

Для решения поставленной задачи проведены исследования в лабораторных и производственных условиях.

Лабораторные исследования проводили на специальном стенде, состоящем из механической (редуктор), нагрузочной (электротормоз) и измерительной частей.

Нужный режим работы двигателя обеспечивается путем открытия и закрытия дроселя карбюратора автоматически по заранее заданной программе с помощью реле времени ВС-10-33 и перемещения рычага управления газа тянущим электромагнитом.

При производственных испытаниях проводили наблюдения за эксплуатацией пил на валке леса. Для этого выбирали случайные экземпляры из числа имеющихся на предприятии новых пил. Все пилы закрепляли за вальщиками, которые эксплуатировали их до полного использования моторесурса в тех же условиях, в которых работал весь парк пил. При этом особо учитывали пилы, эксплуатируемые высококвалифицированными и неквалифицированными вальщиками. В журнале работы пил ежедневно записывали дату, продолжительность работы, сменную выработку в кубометрах; время наступления, причины и последствия отказа; затраты времени на устранение отказов; дату проведения техуходов, затраты времени, количество и наименование замененных деталей и т. д. Если при устранении отказа одной детали обнаруживали другие, не пригодные к дальнейшей эксплуатации детали, их заменяли новыми, что отмечали в журнале.

При обработке полученной информации учитывали отказ той детали, который вызвал необходимость постановки пилы на ремонт. При невозможности устранения отказа на лесосеке пилу отправляли в мастерские (вместе с журналом).

Заполненные журналы содержат первичную информацию, позволяющую количественно оценить надежность любого элемента пилы. Для определения суммарной наработки, наработки на отказ, времени устранения отказов и технических уходов произведены хронометражные наблюдения за валкой леса со средним объемом хлыста 0,22—0,39 м<sup>3</sup>.

Надежность редуктора может быть оценена показателями долговечности, безотказности и ремонтпригодности.

Долговечность редуктора ограничивается отказами шестерен, подшипников, ведущей звездочки, корпуса редуктора, корпуса большой шестерни и связана с их износами и поломками. Большая часть отказов (73,6%) возникает из-за износа рабочих поверхностей деталей, 26,4% — по вине эксплуатационников и завода-изготовителя. По износу заменяется 13,6% шестерен, 13,7% — валиков-шестерен, 19,0% — подшипников и 20,8% — ведущих звездочек. При этом отказы по причине усталостного разрушения рабочих поверхностей деталей составляют 57—65%, абразивного изнашивания — 12—18%, схватывания — 4—8%.

Износ поверхностей сопряжения ухудшает условия контакта по всей длине зуба и является основной причиной повышенных контактных напряжений и сосредоточенных нагрузок.

Долговечность редуктора в условиях эксплуатации значительно меньше, чем при стендовых испытаниях. Например, шестерни редуктора МП-5 «Урал-2» в условиях эксплуатации отработали в среднем 500 ч, а на стенде 750 ч. Физическая долговечность (по износу) шестерен редуктора МП «Дружба-4» составляет соответственно 700 и 1040 ч. Это объясняется тем, что при стендовых испытаниях редуктор работает на оптимальных, постоянных режимах; температура, число оборотов, нагрузка двигателя и другие его параметры строго контролируются приборами; технические уходы проводятся регулярно и квалифицированно; условия хранения нормальные.

В условиях эксплуатации (на валке леса) режим работы двигателя меняется в зависимости от диаметра и породы спиливаемого дерева, запаса на 1 га, захламленности лесосеки, квалификации моториста; смазка редуктора и промывка его полости производятся нерегулярно. При добавлении свежей порции масла полость регулятора не промывают, поэтому через несколько часов работы масло снова загрязняется продуктами износа. Масло, загрязненное металлическими частицами, попадая на трущиеся поверхности, способствует их изнашиванию. Износ, как правило, сопровождается уменьшением геометрических размеров, прочности зубьев и нередко приводит к поломке. Средний износ толщины зуба шестерни и валика при лабораторных исследованиях составляет соответственно 40 и 29 мк/100 ч, а на валке леса 102 и 87 мк/100 ч, то есть в условиях эксплуатации износ в два с лишним раза выше. Кроме того, поломке зубьев шестерен сопутствуют случаи нарушения перпендикулярности их осей, а также сочетание деталей из стали с магниевым корпусом редуктора (эти металлы имеют различные коэффициенты линейного расширения). Подобное сочетание при определенной температуре нагрева редуктора может вызвать заклинивание передачи. Вероятно, этим объясняется повышение на 14,8% потока отказов шестерен редуктора в летнее время.

Корпус редуктора заменяют в основном из-за трещин и поломок, вызванных конструктивными недоработками.

Заметное влияние на долговечность редуктора оказывает квалификация вальщика и приемы его работы.

Показатели долговечности основных деталей редуктора МП-5 «Урал-2», эксплуатируемого вальщиками различного уровня квалификации, представлены в табл. 1.

Анализ данных показывает, что долговечность редуктора пилы, эксплуатируемой недостаточно квалифицированным вальщиком, сни-

Таблица 1

Детали редуктора	Долговечность, ч, при квалификации вальщика		Снижение долговечности, %
	высокой	низкой	
Редуктор в сборе	552	463	16,1
Корпус редуктора	591	417	29,5
Шестерня	536	390	27,2
Валик-шестерня	550	347	36,9
Подшипники	706	660	6,5
Корпус шестерни	513	460	10,4
Звездочка ведущая	506	480	5,2

жается на 16,1%. Малоопытные вальщики чаще допускают нарушения правил эксплуатации. Такие нарушения больше всего отражаются на сроке службы шестерен и корпуса редуктора.

Поломки возникают также из-за использования вальщиками запрещенных приемов удаления подпиленной части дерева пильной шиной и резких рывков при освобождении зажатой в пропиле пильной шины. У вальщика низкой квалификации отказы редуктора из-за поломок составляют 33,3%.

Наблюдения за работой 134 редукторов в эксплуатационных и стендовых условиях позволили выявить отказы редуктора и его деталей, причины возникновения и законы распределения отказов; количественно оценить надежность; разработать мероприятия по повышению надежности.

Распределение отказов редуктора согласуется с законом Вейбулла с вероятностью критерия  $P_3(\chi^2) = 0,48$ . Показатели вероятности безотказной работы  $P(t)$ , частоты  $\omega(t)$  и интенсивности (потока) отказов  $\lambda(t)$  редуктора могут быть определены по формулам

$$P(t) = e^{-\frac{t^{2,88}}{173 \cdot 10^3}}; \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{2,88}{173 \cdot 10^3} \cdot t^{1,88}; \quad (2)$$

$$\omega(t) = P(t) \lambda(t). \quad (3)$$

Наработка до первого отказа редуктора составляет 291 ч с колебаниями 277—307 ч при доверительной вероятности  $\gamma = 0,90$  и коэффициенте вариации 0,38. Нарабтка до первого отказа шестерни, валика, подшипников и ведущей звездочки равна соответственно 499; 483; 591 и 497 ч при коэффициенте вариации — 0,536; 0,571; 321 и 0,411. Распределение отказов шестерни, валика и ведущей звездочки подчинено логарифмически нормальному закону, а подшипников — закону Вейбулла с вероятностью критерия согласия соответственно 0,20; 0,40; 0,35 и 0,59.

Основные показатели безотказности редуктора представлены графически на рис. 1 (сплошная линия — фактические; пунктирная — прогнозируемые). Из рисунка видно, что ни один из исследованных редукторов не отработал гарантийного срока службы (850 ч), что свидетельствует о недостаточной надежности редуктора пилы МП-5 «Урал-2».

В качестве показателя ремонтпригодности, учитывающего затраты времени на устранение отказов, технические уходы и ремонты

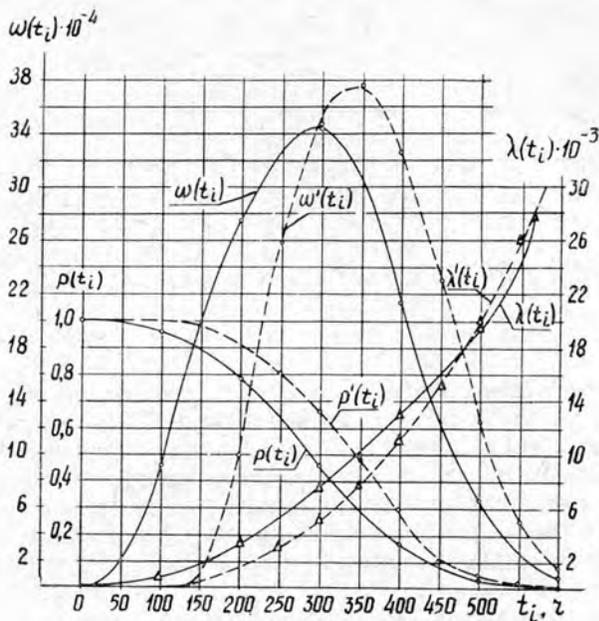


Рис. 1.

редуктора, принимается среднее время восстановления, равное 0,82 ч.

Для обеспечения работы редуктора в течение всего срока службы необходимо увеличить количество запасных частей в группкомплектках: корпус редуктора — 4 шт.; корпус шестерни — 5 шт.; шестерня и валик — 4 шт.; звездочка ведущая — 8 шт.

Поступила 3 июня 1975 г.

УДК 629.1-44

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЛЕСНЫЕ МАШИНЫ ПРИ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А. В. ЖУКОВ

Белорусский технологический институт

Рассмотрены воздействия от неровностей дороги на установившихся и неустановившихся режимах движения, инерционные воздействия при торможении и поворотах и др. Приведены расчетные формулы и экспериментальные значения возмущающих сил, дана их оценка и сделаны практические выводы по применению результатов анализа в расчетах колебаний лесных машин.

При движении колесных или гусеничных лесных машин источниками возбуждения колебаний могут быть неровности поверхности дороги или волока, неуравновешенность вращающихся частей ходовой части, двигателя и трансмиссии машины, внешние силы, появляющиеся при резком изменении скорости или направления движения.

Среди этих источников возмущения особое место занимают внешние воздействия на транспортную систему от неровностей дороги ([1—4], [7], [9—11] и др.). Эти воздействия могут быть как непрерывно действующими, так и единичными. К числу единичных воздействий, вызывающих колебания транспортных машин, относятся также силы, возникающие вследствие изменения скорости движения при появлении движущих или тормозных сил.

Диаграмма тормозного усилия может быть представлена с известным допущением в виде кусочно-линейной функции [8] (рис. 1).

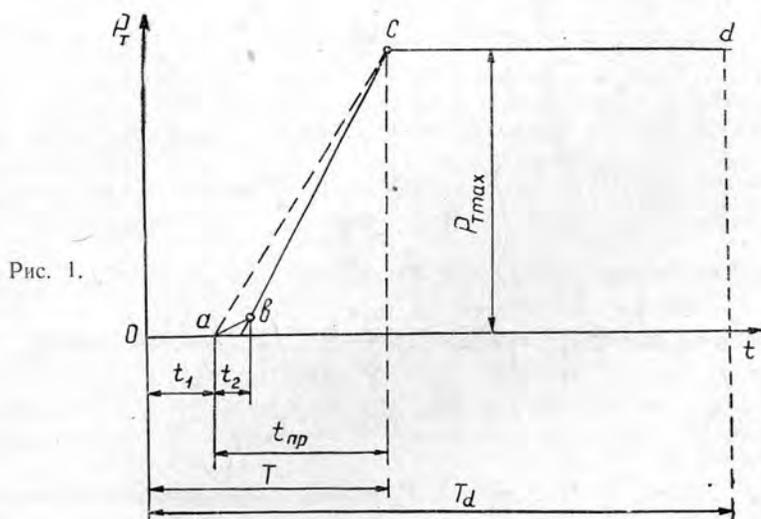


Рис. 1.

Промежуток времени  $T$  складывается из времени реакции водителя  $t_1$  и времени срабатывания тормозного привода  $t_{np}$ .

По данным В. Г. Розанова [8], время  $t_1$  может быть принято равным 0,5 с, а  $t_{np} = 0,3$  с при быстром нажатии на тормозную педаль. На протяжении отрезка времени  $t_{np}$  характер нарастания тормозной силы  $P_T$  может быть без особого ущерба принят линейным, то есть

$$P_T = Kt_{np},$$

где  $K$  — темп нарастания тормозной силы.

При торможении машины вертикальная нагрузка на переднюю ось возрастает на величину  $R_1$ , а на заднюю — уменьшается на величину  $R_2$ . Эти вертикальные силы могут рассматриваться как возмущающие, действующие на входы динамической системы и вызывающие ее вертикальные и продольно-угловые колебания.

Для двухосной транспортной системы

$$R_1(t) = \frac{h_C G \varphi}{L t_{np} M} \cdot t; \quad (1)$$

$$R_2(t) = - \frac{h_C G \varphi}{L t_{np} M} \cdot t, \quad (2)$$

где  $M$  — масса машины;

$L$  — колесная база;

$h_C$  — высота центра тяжести.

Для транспортных систем типа седельных или лесовозных автопоездов перераспределение нагрузок по осям системы на режимах торможения или разгона подчиняется более сложному закону [8], [5] и зависит от ряда конструктивных параметров автопоезда, соотношения тормозных или движущих сил, соотношения времени срабатывания тормозов тягача и прицепного звена. Поэтому и возмущающие вертикальные силы, появляющиеся на входах таких систем, носят несколько иной характер и описываются более сложными выражениями [5], чем (1) и (2). Однако принципиально характер изменения рассматриваемых воздействий близок к описанному выше.

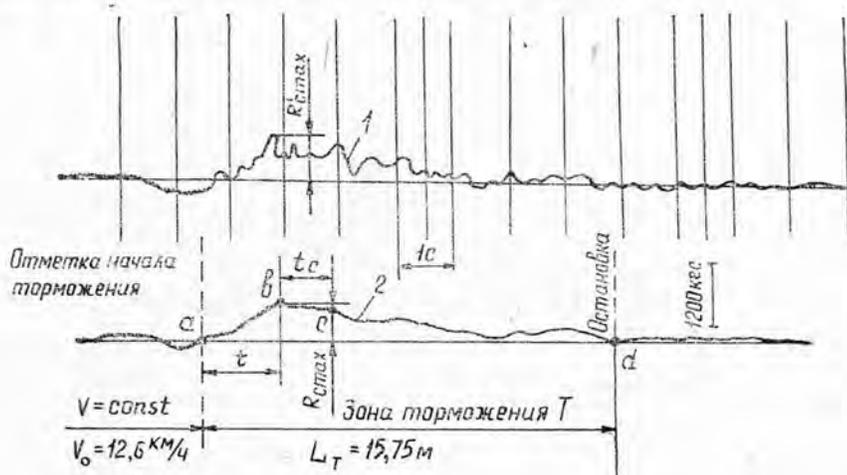


Рис. 2.

На рис. 2 приведена записанная нами экспериментальная кривая 1 вертикальных динамических усилий на сцепном устройстве седельного автопоезда при движении его по ровному участку асфальтобетонного шоссе в режиме торможения (скорость  $v_0$  в начальный момент торможения — 12,6 км/ч). Кривая 2 построена без учета дополнительных амплитуд [4], наложившихся на основную кривую от собственных вертикальных колебаний подрессоренных масс, вызванных появлением тормозной силы. Она характеризуется довольно медленным нарастанием усилия на участке  $ab$  ( $t = 1,4$  с). Участок  $bc$  стабильного давления по времени занимает 0,9 с, затем вертикальное усилие на седельном устройстве постепенно снижается, что объясняется уменьшением тормозной силы. Как видно из рисунка, общий характер кривой  $abc$  идентичен диаграмме торможения.

Экспериментальные работы указывают на правильность изложенного подхода к определению возмущающих воздействий при изменении скорости движения транспортных машин и, кроме того, подтверждают необходимость учета таких воздействий при расчете колебаний системы [4]. В рассмотренном случае суммарная максимальная амплитуда  $R'_{C max}$  на 300 кгс больше усилия  $R_{C max}$ , вызванного перераспределением нагрузок от торможения.

Колебания транспортных систем от неровностей дороги при изменении скорости движения также имеют свои особенности [4], что объясняется спецификой изменения частот воздействия дороги при торможении или разгоне. Ранее [4] нами был рассмотрен проезд через синусоидальную неровность.

При воздействии от дороги, носящем стохастический характер, также возможен учет непостоянства скорости транспортной системы. При расчете колебаний лесовозного автопоезда или другой транспортной системы на ЭЦВМ по нашей методике [6], воздействие от дороги задается в виде таблицы значений высот неровностей  $q_n$  по длине участка через определенные интервалы  $S_n$ . Воздействие на оси системы есть функция времени, то есть

$$q_i = f(t - \tau_i),$$

где  $\tau_i$  — запаздывание воздействия ( $\tau_i = \frac{l_i}{v_n}$ ;  $i$  — номер оси;  $l_i$  — расстояние от передней оси до последующих).

Для того чтобы учесть влияние изменения скорости движения на характер воздействия (например, при торможении), время  $t_n$ , соответствующее каждому из задаваемых значений высот  $q_n$ , вычисляют по формуле

$$t_n = \frac{v_n}{j} - \sqrt{\left(\frac{v_n}{j}\right)^2 - \frac{2S_n}{j}}, \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (3)$$

где  $v_n = v_{n-1} - jt_{n-1}$  — скорость системы через интервал  $S_n$ .

При  $v_n = v_1$  скорость  $v_{n-1} = v_0$ , а начальная скорость  $v_0$  задается.

Для эксплуатации транспортных машин характерно также появление внешних возмущающих сил на криволинейных траекториях. Особый интерес представляют интенсивно нарастающие или убывающие силы при выполнении различных маневров (поворотах, обгоне и т. д.).

В общем случае движения транспортной системы по криволинейной траектории нормальная сила инерции, приложенная в центре тяжести, равна

$$F_u = Mj_{Cn}, \quad (4)$$

где  $j_{Cn}$  — нормальное ускорение центра тяжести;

$$j_{Cn} = \omega v - \frac{dv_{Cn}}{dt},$$

здесь  $\omega$  — угловая скорость вращения системы на повороте;

$v_{Cn}$  — нормальная составляющая полной линейной скорости центра тяжести системы.

Величины  $\omega$  и  $v_{Cn}$  определяются с учетом боковой эластичности шин, криволинейности траекторий и переменной скорости движения. Если принять, что колеса системы жесткие в боковом направлении, то формула (4) приобретает вид

$$F_u = M\left(\omega v + b \frac{d\omega}{dt}\right), \quad (5)$$

где  $b$  — расстояние от задней оси до центра тяжести системы.

Если принять радиус поворота  $R_0$  постоянным,  $v = \text{const}$ ,  $\frac{dv_{Cn}}{dt} = 0$  и  $\frac{d\omega}{dt} = 0$ , то приходим к общеизвестному случаю

$$F_u = \frac{Mv^2}{R_0}.$$

Для того чтобы проследить характер изменения силы инерции  $F_{II}$ , рассмотрим случай поворота двухосной системы по кривой, состоящей из двух переходных и одной круговой кривой радиуса  $R_0 (R_0 = \text{const})$ ; эластичность шин не учитываем.

Принимаем, что первая и вторая переходные кривые имеют такую форму, при которой, в случае постоянной скорости  $v$  системы, угловое ускорение  $\frac{d\omega}{dt}$  системы также остается постоянным.

1. Первая переходная кривая

$$v = \text{const}; \quad \frac{d\omega_I}{dt} = \text{const} = Hv^2; \quad \omega_I = \omega_0 + Hv^2t,$$

где  $\omega_0$  — первоначальное значение угловой скорости;

$H$  — коэффициент, зависящий от кривизны переходной траектории.

2. Участок постоянного радиуса:

$$R_0 = \text{const}; \quad v = \text{const}; \quad \omega_0 = \frac{v}{R_0}; \quad \frac{d\omega_0}{dt} = 0.$$

3. Вторая переходная кривая

$$v = \text{const}; \quad \frac{d\omega_{II}}{dt} = \text{const} - Hv^2; \quad \omega_{II} = \omega_0 - Hv^2t.$$

На рис. 3 показана рассчитанная по формуле (5) кривая зависимости  $F_{II}$  от времени  $t$  движения двухосной системы ( $M = 1220 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2/\text{м}$ ;  $b = 1,97 \text{ м}$ ;  $R_0 = 60 \text{ м}$ ;  $H = 0,00056 \text{ 1/м}^2$ ;  $v = 15 \text{ м/с}$ ).

Из приведенного рисунка видно, что при движении по первой переходной кривой боковая сила инерции интенсивно, в течение 2 с, возрастает, на кривой постоянного радиуса имеет постоянное и максимальное значение, а затем, при движении по второй переходной кривой, уменьшается до нуля.

Общий характер изменения функции  $F_{II} = f(t)$  подтверждается записанной экспериментально кривой поперечного крена (рис. 3, б) лесовозного автопоезда МАЗ-509+2Р-15 при движении по окружности.

Из рисунка видно, что при времени входа в окружность немногим более 2 с поперечный крен возрос от нуля до максимального значения  $2,7^\circ$ , что с учетом угловой жесткости подвески автопоезда соответствует 4070 кгс.

В данном случае (рис. 3, а и б) время изменения внешней силы  $F_{II}$  от нуля до максимального значения соизмеримо с периодом собственных поперечно-угловых колебаний системы, что необходимо учитывать, особенно при изучении переходных процессов.

Еще более характерно изменение инерционных сил при маневре «смена полосы движения»: при обгонах попутного транспорта, объездах препятствий и в других аналогичных случаях.

На рис. 4 показаны осциллографические записи боковых кренов полуприцепа при выполнении седельным автопоездом МАЗ маневра «смена полосы движения».

Из рисунка видно, что поперечный крен полуприцепа — интенсивно изменяющийся по времени процесс. Отклонение кривой на участке  $b$  произошло при выходе полуприцепа из начальной полосы движения, а на участке  $d$  — при вписывании в поворот на конечной стадии маневра «переставка». Отклонение луча осциллографа на величину  $a$

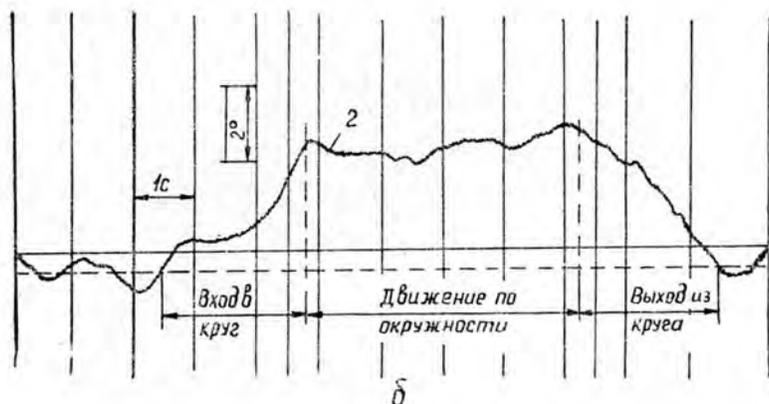
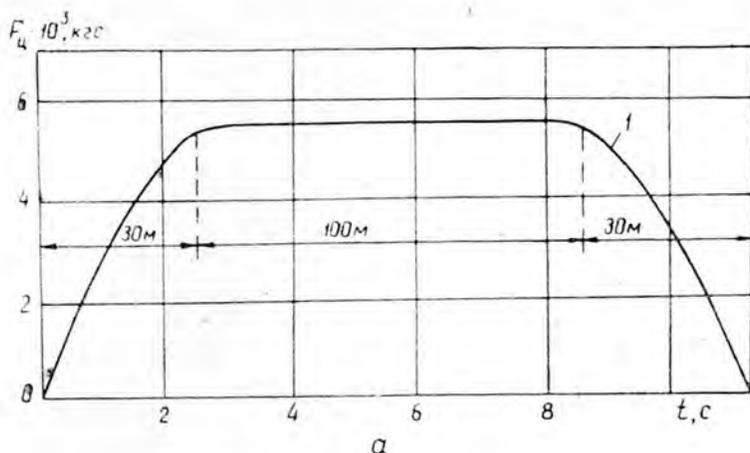


Рис. 3. Зависимость силы  $F_{ц}$  (а) и поперечного крена  $\varphi$  (б) от времени  $t$ .

1 — расчетная кривая для криволинейной траектории ( $v = 54$  км/ч); 2 — экспериментальная кривая при движении по окружности ( $v = 28,2$  км/ч).

объясняется постоянным боковым креном системы за счет разницы поперечного наклона полотна дороги на полосах движения автопоезда (расстояние между полосами 3,5 м). Из приведенных осциллограмм видно, что рассматриваемый процесс весьма кратковременен и характеризуется значительными амплитудами. Его интенсивность зависит от скорости движения, что можно заметить из сравнения рис. 3, а и б.

На рис. 5 изображена построенная расчетно-графическим методом зависимость  $F_{ц} = f(S)$  для прицепа весом 12 тс при движении его с тягачом МАЗ со скоростью 79,7 км/ч (пунктиром обозначены участки траектории с постоянными радиусами). Идентичность рассматриваемых возмущающих сил, полученных экспериментальным и экспериментально-расчетным путем, видна из сравнения рис. 4 и 5.

Изложенное показывает, что при интенсивном выполнении маневра «смена полосы движения» на скоростных режимах боковой крен системы должен определяться с учетом ее поперечно-угловых колебаний под действием изменяющихся по времени центробежных сил. При движении со скоростью 79,7 км/ч (рис. 5) угол крена прицепа

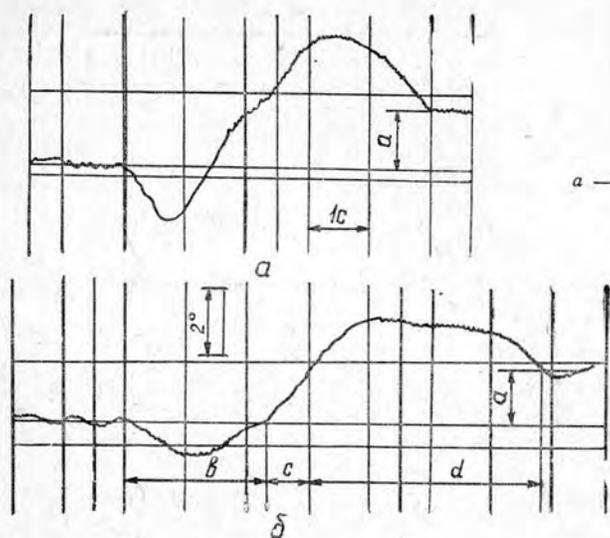


Рис. 4.

$a - v = 24,6$  км/ч;  $б - v = 18$  км/ч.

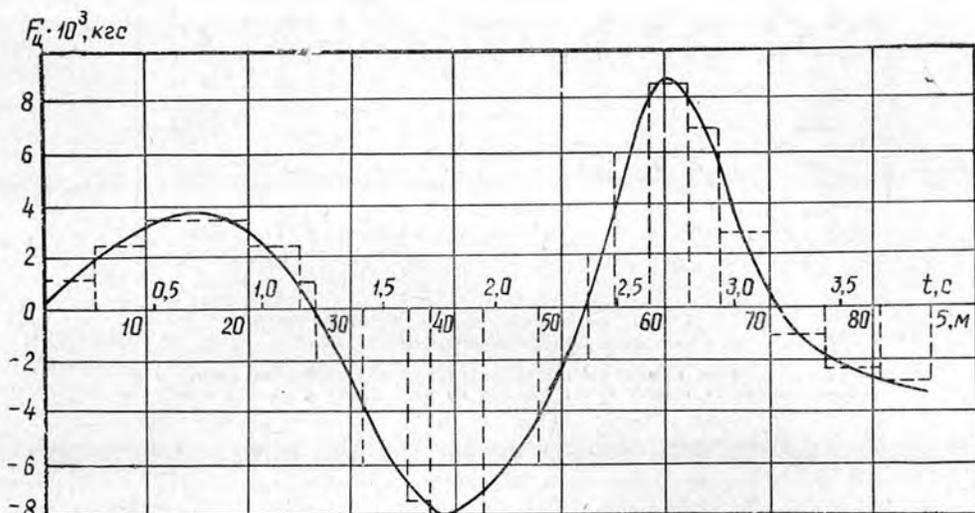


Рис. 5.

весьма значителен. Его максимальное расчетное значение наблюдается при выходе на прямолинейную траекторию ( $8^{\circ}15'$ ). При дальнейшем движении поперечный крен прицепа постепенно затухает. В первый период маневра максимальное значение угла крена значительно меньше  $-4^{\circ}$ .

Проведенные расчеты показывают, что при наложении на собственные поперечно-угловые колебания перемещений, вызванных боковой внешней силой  $F_{II}$ , возможно увеличение амплитуд угловых отклонений системы до 20—25%. Степень этого увеличения зависит от частоты собственных колебаний машины и времени изменения знака переменных нагрузок от возмущающей силы  $F_{II}$ . Правда, частота возмущения не постоянна и зависит от характера маневра, однако

анализ различных траекторий маневров показывает, что при «переставках» время действия положительных и отрицательных значений  $F_{ц}$  различается незначительно.

Данные проведенного анализа могут быть использованы при решении задач, связанных с колебаниями лесотранспортных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Добрынин Ю. А. Некоторые результаты статистического исследования микропрофиля трелевочных волоков. — Научные труды ЛТА, № 147. Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Л., 1972. [2]. Жуков А. В. Статистический метод исследования микропрофиля автомобильных дорог. — Материалы научно-технической конференции ЛТА. Л., 1966. [3]. Жуков А. В., Абрамович К. Б. Исследование микропрофиля автомобильных лесовозных дорог с гравийным покрытием. — Сб. трудов БТИ, Механизация лесоразработок и транспорта леса. Минск, 1974. [4]. Жуков А. В., Леонович И. И. Колебания лесотранспортных машин. Минск, Изд-во БГУ, 1973. [5]. Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда. М., «Транспорт», 1967. [6]. Леонович И. И., Жуков А. В. и др. Исследование динамического воздействия на дорогу лесовозных автомобильных поездов. — Вестн АН БССР, 1974, № 3. [7]. Певзнер Я. М., Тихонов А. А. Исследование статистических свойств микропрофиля основных типов автомобильных дорог. — «Автомобильная промышленность», 1964, № 1. [8]. Розанов В. Г. Торможение автомобиля и автопоезда. М., «Машиностроение», 1964. [9]. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. М., «Машиностроение», 1972. [10]. Рыскин Ю. Е. Особенности микропрофиля трелевочных волоков и их статистические характеристики. — Труды ЦНИИМЭ, № 103, Вопросы создания колесных трелевочных тягачей. Химки, 1970. [11]. Силаев А. А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин. М., «Машиностроение», 1972.

Поступила 23 июня 1975 г.

УДК 658.581

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ю. Д. КУЗНЕЦОВ, В. Б. ПРОХОРОВ, А. А. КРУПАНИН

Ленинградская лесотехническая академия

Рассматривается современное состояние технического обслуживания и работы по его совершенствованию. Приводится содержание основных методических положений, позволяющих количественно оценить достигнутый технико-технологический уровень производства как в целом, так и по отдельным составляющим, определить величину резервов и вести последовательную, планомерную работу по их реализации. Авторы дают практические рекомендации по использованию общих принципов совершенствования производства в условиях технического обслуживания лесозаготовительного оборудования.

В последние годы значительно возрос интерес к вспомогательно-обслуживающим производствам во всех отраслях промышленности, поскольку именно здесь кроются значительные резервы роста производительности труда. На рис. 1, 2 показано современное состояние технического обслуживания (ТО) лесозаготовительного оборудования и возможность его совершенствования за счет имеющихся резервов (рис. 3). Данные получены по 11 предприятиям объединения «Кареллеспром» за ряд лет (1970—1973 гг.). Обследованные леспромхозы достаточно крупные, типичные и перспективные.

Рис. 1 показывает, что с ростом энергетической мощности производства  $y$  повышается годовой объем лесозаготовок  $x_1$ . С другой сто-

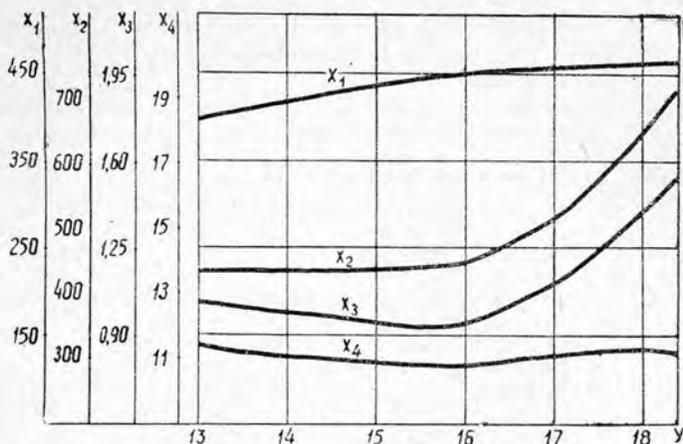


Рис. 1. Изменение технико-экономических показателей от технической оснащённости предприятий.

$x_1$  — годовой объем лесозаготовок, тыс. м<sup>3</sup>;  $x_2$  — абсолютная сумма ремонтных затрат, тыс. р.;  $x_3$  — удельные ремонтные затраты, р./м<sup>3</sup>;  $x_4$  — численность ИТР ремонтной службы, чел.;  $y$  — энергетическая мощность оборудования, тыс. кВт.

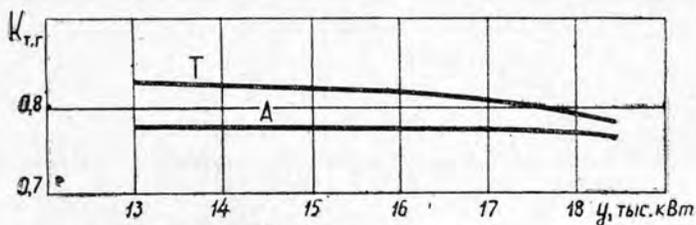


Рис. 2. Зависимость  $K_{т,г}$  машин от энергетической мощности оборудования  $y$ .

Т — трелевочные тракторы; А — автомобили.

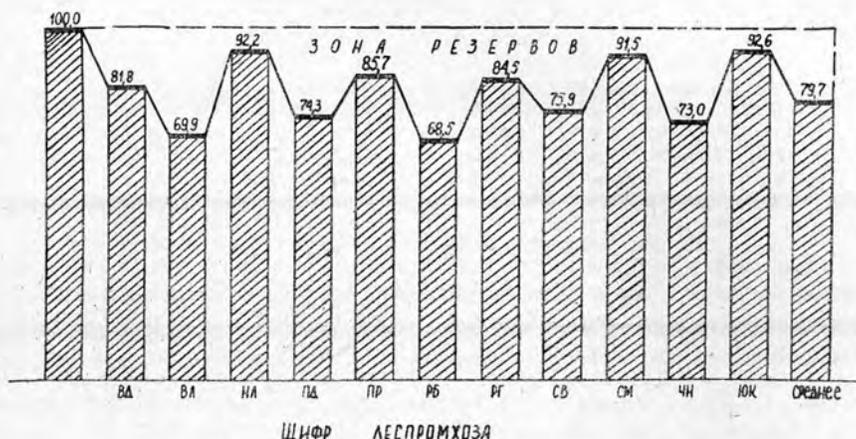


Рис. 3. Эффективность технического обслуживания по предприятиям в процентах.

ВД — Валдайский леспромхоз; ВЛ — Воломский; НЛ — Новолендерский; ПД — Паданский; ПР — Поросозерский; РБ — Ребольский; РГ — Ругозерский; СВ — Северный; СМ — Сумский; ЧН — Чупинский; ЮК — Юшкозерский.

роны, рост технической оснащенности приводит к увеличению абсолютной суммы годовых расходов на ТО  $x_2$ . Относительные ремонтные затраты при росте технической оснащенности от 13 до 16 тыс. кВт несколько уменьшаются, но дальнейшее увеличение мощности приводит к возрастанию относительных ремонтных затрат  $x_3$ . Рост относительных и суммарных затрат, громадная сумма расходов в настоящее время значительно снижают эффект от технического оснащения лесозаготовок. Несмотря на все возрастающую сумму расходов на ТО, коэффициент технической готовности  $K_{т.г}$  автомобилей остается примерно на одном и том же уровне, а  $K_{т.г}$  тракторов снижается (рис. 2). Эффективность ТО по предприятиям показана на рис. 3. За измеритель эффективности принято отношение трудоемкости по нормативам ЦНИИМЭ к фактической ее величине (в процентах) при существующем режиме работы оборудования на предприятии. Данные показывают, что на каждом предприятии имеются более или менее значительные возможности фактических ремонтных трудозатрат до их нормативного значения (на рис. 3 «зона резервов»).

Обследование также показало, что планомерная, целенаправленная работа по повышению уровня организации ТО сдерживается отсутствием научно обоснованных рекомендаций, базирующихся на достижениях науки и практики и учитывающих особенности организации ТО лесозаготовительного оборудования. В нашей отрасли отсутствует не только методика, но и просто система показателей, по которым достаточно достоверно можно было бы оценить состояние и уровень развития процессов ТО, прежде всего технических и технологических сторон. Поэтому разработка и внедрение планов НОТ на предприятиях пока не стали массовым явлением. В связи с этим мы считаем, что необходимо разработать основные принципы совершенствования ТО, использование которых позволит техническим работникам предприятий вести последовательную, направленную работу по повышению эффективности организации ТО в леспромхозах. Процесс разработки основных принципов включает в себя ряд последовательных этапов:

- определение круга вопросов, составляющих содержание организации ТО, и классификация факторов;
- количественная оценка уровня факторов согласно их классификации и расчет резервов;
- разработка схемы работы по планомерному совершенствованию технического обслуживания;
- практическая реализация принципов в реальных условиях предприятий.

Рассмотрим более подробно содержание каждого из этих этапов. На рис. 4 приведена классификация факторов, вытекающих из содержания организации ТО на любой ступени (ремонтный участок, лесопункт, предприятие и т. д.). В соответствии с содержанием выделяют интегральные, или комплексные, факторы (организация ТО, организация управляемой и управляющей систем) и частные факторы: технические, технологические и др. Управляемая и управляющая системы являются структурными составляющими общей системы ТО и отличаются относительной самостоятельностью своих функций. Первая осуществляет процесс производства во всем его многообразии, вторая выполняет функции планирования, учета, регулирования и анализа производственной деятельности. Классификация факторов — необходимое условие целенаправленной работы по организации ТО.



Рис. 4. Классификация факторов организации технического обслуживания.

Второй этап — разработка способа количественной оценки факторов резервов предприятия. Наиболее наглядный и простой способ оценки — выражение значения факторов относительной величиной от 0 до 1. Абсолютные же значения в этом случае оказываются совершенно несопоставимыми.

Вначале определяют уровни организации частичных факторов

$$P_{\phi id} = \frac{\Phi C_{\phi id}}{HC_{\phi id}},$$

где  $P_{\phi id}$  — показатель уровня  $i$ -того частного фактора на  $d$ -й ступени организационной структуры ТО (рабочее место, ремонтный пункт, лесопункт и т. д.);

$\Phi C_{\phi id}$ ;  $HC_{\phi id}$  — состояние  $i$ -того фактора соответственно фактическое и нормативное (стандартное).

Стандартное состояние фактора служит критерием оценки степени несоответствия фактической организации ТО или отдельных его сторон современными достижениями науки и практики в этих же областях. Показатель уровня организации  $j$ -той системы определяется по формуле

$$P_{jd} = \sum_{i=1}^n K_{ijd}^{\phi} P_{\phi ijd},$$

где  $K_{ijd}^{\phi}$  — коэффициент эффективности  $i$ -того фактора на  $d$ -й ступени;

$n$  — число частных факторов  $j$ -той системы на  $d$ -й ступени.

Коэффициент  $K_{ijd}^{\phi}$  показывает, какая доля в эффективности производства за счет повышения уровня организации  $j$ -той системы приходится на  $i$ -тый фактор. Интегральный показатель уровня орга-

низации ТО в целом на определенной ступени иерархической структуры рассчитывается по формуле

$$P_{\tau d} = \sum_j^2 K_{jd}^{\circ} P_{jd}.$$

Для окончательного выбора путей совершенствования ТО необходимо знать и величину резервов. В общем случае величина резервов за счет совершенствования  $k$ -го элемента (отдельного фактора, системы или ТО в целом) равна

$$Q_{pk} = \mathcal{E}_k (P_k^{пл} - P_k^д),$$

где  $\mathcal{E}_k$  — предельный рост производства за счет совершенствования  $k$ -го элемента организации ТО (при показателе уровня  $P_k = 1$ );

$P_k^д$  — уровень организации  $k$ -го элемента, достигнутый на момент анализа;

$P_k^{пл}$  — уровень организации, который планируется достигнуть в результате внедрения организационно-технических мероприятий.

Для того чтобы процессу совершенствования ТО придать планомерный, последовательный характер и увязать его с планом предприятия в целом, разработана схема этого процесса, состоящая из ряда последовательных этапов (рис. 5). Схема отличается динамичностью,

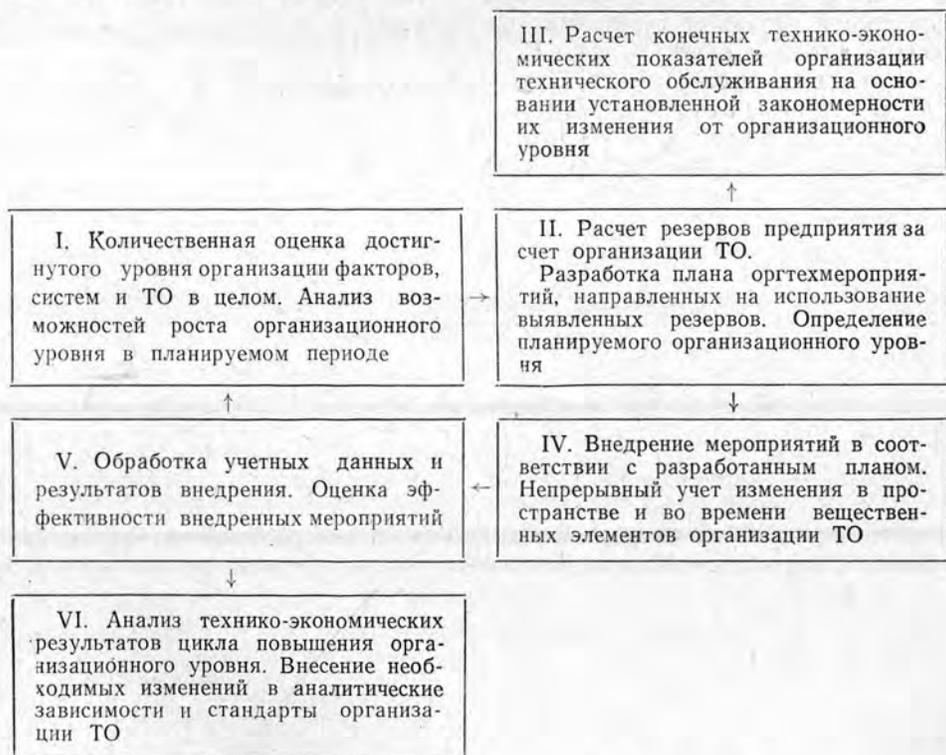


Рис. 5. Схема работы по планомерной организации технического обслуживания.

позволяет совершенствовать ТО на любой ступени структуры производства и с желаемой степенью дифференциации факторов, в зависимости от поставленной цели. Для получения показателей организационного уровня на более высокой ступени используется известный способ взвешивания показателей более низкой ступени. Завершающий этап исследований заключается в обработке теоретических основ проблемы совершенствования ТО в практике предприятий. Он состоит из следующих моментов:

а) из предложенной классификации частных факторов выбирают прежде всего технические и технологические, имеющие преобладающее значение в организации ТО;

б) разрабатывают формулы для их количественной оценки;

в) устанавливают влияние изменения уровня организации факторов, систем и ТО в целом на величину конечных показателей производственной деятельности ( $K_{т.г.}$ , объем ремонтных работ и т. д.).

Одновременно уточняют значение коэффициентов эффективности  $K_{ijd}^a$  и  $K_{jd}^a$  на основании полученных аналитических зависимостей. Исследования по пунктам «а» и «б» в настоящее время закончены, однако размеры журнальной статьи не позволяют привести всю номенклатуру частных факторов и формулы для оценки их организационного уровня. Отметим только, что для характеристики технико-технологического уровня управляемой системы приняты до 13 частных факторов, управляющей системы — 7 факторов. Оценка может быть дана для любой ступени производства: рабочее место, ремонтный участок, лесопункт и т. д.

Внедрение в практику предприятий рассматриваемых принципов совершенствования технического обслуживания позволит на любом этапе анализа ответить на следующие вопросы:

соответствует ли существующая организация ТО современным достижениям науки и практики;

где, на каком участке или ступени, за счет какого фактора, в какой системе заложены резервы и какова их величина;

каковы наиболее эффективные пути их реализации в планируемом периоде;

какова степень влияния уровня организации ТО и ее составляющих на конечные показатели производственной деятельности.

---

Поступила 6 мая 1975 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053

ПОСТРОЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ  
КРУГЛЫХ ПЛОСКИХ ПИЛ

В. Г. БОДАЛЕВ

Уральский лесотехнический институт

Обобщены и представлены в номографической форме данные о положении областей динамической и статической неустойчивости круглых пил. Проанализирована последовательность смены различных форм неустойчивости. Рассмотрен вопрос о выборе диаметра зажимных фланцев.

Режимы распиловки древесины круглыми пилами выбирают так [2], чтобы обеспечить эксплуатацию пил за пределами зон их неустойчивости. Положение этих зон [1], [5] для ряда конкретных случаев рассчитано, однако имеющийся материал [3], [4] еще не является полным и систематизированным.

Известно, что непрокованный пильный диск как колебательная система при данном числе узловых диаметров  $m$  и относительном радиусе зажимных фланцев  $\rho_{\text{ф}}$  характеризуется собственной частотой  $f_0$  в ненагретом  $\Delta t = 0$  невращающемся  $n = 0$  состоянии, а также температурным  $C$  и динамическим  $B$  коэффициентами, которые отражают изменение частоты при нагреве и вращении

$$f^2 = f_0^2 + Bn^2 - C\Delta t.$$

Значения частот  $f = mn$  и  $f = 0$ , отвечающие состояниям динамической и статической неустойчивости\*, при  $m \geq 2$  наиболее опасны. На плоскости  $\Delta t$ ,  $n^2$  (рис. 1) частотам соответствуют линии

$$\begin{aligned} n_{\text{кр}}^2 &= \frac{f_0^2 - C\Delta t_{\text{кр}}}{m^2 - B} \quad (f = mn); \\ n_{\text{кр}}^2 &= \frac{f_0^2 - C\Delta t_{\text{кр}}}{-B} \quad (f = 0), \end{aligned} \quad (1)$$

координаты точек которых принято называть критическими. Вблизи этих осевых линий формируются области неустойчивости по данной форме  $m$ , границы которых описываются соотношениями [5].

Построение областей неустойчивости в координатах  $\Delta t$ ,  $n^2$  показывает, что при значениях  $C$  и  $B$ , приведенных в работе [3], начальная форма статической неустойчивости для данного  $\rho_{\text{ф}}$  зависит от скорости вращения диска, так как углы наклона прямых (1) в этом случае связаны соотношением

$$\arctg\left(\frac{C}{B}\right)_{m+1} > \arctg\left(\frac{C}{B}\right)_m.$$

\* Определения «динамическая» и «статическая» относятся к системе отсчета, связанной с пильным диском.

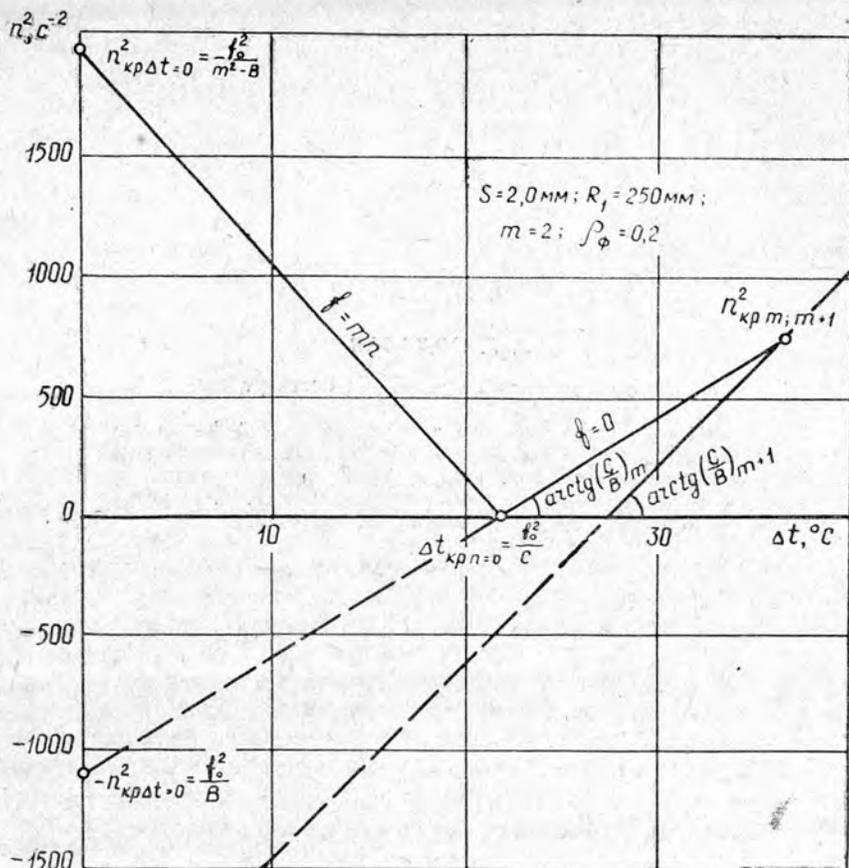


Рис. 1. Характерные точки области неустойчивости по форме  $m$ .

Скорость вращения, соответствующую верхней границе существования данной формы  $m$  (как начальной формы статической неустойчивости), можно выразить через исходные параметры  $f_0$ ,  $B$  и  $C$  при совместном решении уравнений (1)

$$n_{кр\ m; m+1}^2 = \frac{C_m f_{0; m+1}^2 - C_{m+1} f_{0; m}^2}{B_m C_{m+1} - B_{m+1} C_m}.$$

Через эти же параметры можно выразить и координаты трех характерных точек (рис. 1), которые целесообразно использовать для построения областей неустойчивости

$$n_{кр\ \Delta t=0}^2 = \frac{f_0^2}{m^2 - B}; \quad \Delta t_{кр\ n=0} = \frac{f_0^2}{C}; \quad -n_{кр\ \Delta t=0}^2 = \frac{f_0^2}{B}. \quad (2)$$

Заметим, что построение удобнее выполнять в координатах  $\frac{\Delta t}{a_{\Delta t}}$ ;  $\frac{n^2}{a_n^2}$  (где  $a_{\Delta t} = 10^5 \cdot \frac{S^2}{R_1^2}$ ;  $a_n = 10^4 \cdot \frac{S}{R_1}$ ;  $S$  и  $R_1$  — толщина и радиус пилы без зубьев в сантиметрах). Анализ выражений (2), с учетом формул для определения параметров  $f_0$ ,  $B$ ,  $C$  [3], показывает, что в этой системе координат для пил различных размеров размеще-

ние осевых областей их неустойчивости совпадает, так как при любых  $S$  и  $R_1$

$$\frac{f_0^2}{(m^2 - B)a_n^2} - idem; \frac{f_0^2}{Ca_{\Delta t}} - idem; \frac{f_0^2}{Ba_n^2} - idem \quad \text{при } m; \rho_{\phi} - idem. \quad (3)$$

Таблица 1

Расчетная формула	m	Численные значения по формулам при $\rho_{\phi}$ равном			
		0,2	0,3	0,4	0,5
$\frac{f_0^2}{(m^2 - B)a_n^2} \cdot 10^{-4}$	2	67,9	120	262	744
	3	85,7	103	151	284
	4	143	149	179	261
$\frac{f_0^2}{Ca_{\Delta t}}$	2	3,43	5,70	11,3	28,6
	3	4,33	4,93	6,64	11,2
	4	7,23	7,07	7,85	10,4
$\frac{f_0^2}{Ba_n^2} \cdot 10^{-4}$	2	38,9	54,4	85,0	151
	3	81,3	81,9	94,0	130
	4	160	142	136	150

Результаты расчета значений (3) по данным [3] при разных сочетаниях  $m$  и  $\rho_{\phi}$  приведены в табл. 1, а построенная на их основе номограмма — на рис. 2. Для удобства интерполяции в промежутках между исходными значениями  $\rho_{\phi}$  области неустойчивости по различным формам ( $m = 2, 3, 4$ ) сгруппированы в различных квадрантах номограммы; левый верхний квадрант служит для определения коэффициентов  $a_n$  и  $a_{\Delta t}$ .

Способ пользования номограммой можно рассмотреть на следующем конкретном примере. Определим температуры нагрева  $\Delta t_{кр f=mn}$  и  $\Delta t_{кр f=0}$ , вызывающие динамическую и статическую неустойчивость по форме  $m = 3$  пильного диска (радиусом  $R_1 = 250$  мм, толщиной  $S = 2,0$  мм), зажато фланцами радиуса  $\rho_{\phi} = 0,4$  и вращающегося со скоростью  $n = 3000$  об/мин. Для этого в соответствии с ключом, приведенным в левом верхнем квадранте номограммы, найдем значения коэффициентов  $a_n = 3,2$ ;  $a_{\Delta t} = 6,4$  и через точку  $\frac{n}{a_n} = \frac{3000}{3,2} = 937$  на оси ординат левого нижнего квадранта ( $m = 3$ ) проведем горизонтальную прямую до пересечения с ломаной  $\rho_{\phi} = 0,4$ . Абсциссы точек пересечения, умноженные на коэффициент  $a_{\Delta t}$ , дадут искомые температуры  $\Delta t_{кр f=mn} = 2,8 \cdot 6,4 = 17,9^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_{кр f=0} = 12,7 \cdot 6,4 = 81,2^\circ\text{C}$ .

Следует отметить, что при постоянной высоте пропила увеличение относительного радиуса зажимных фланцев не всегда улучшает устойчивость пил. Для иллюстрации достаточно сопоставить найденные по номограмме значения  $n_{кр \Delta t=0}$  и  $\Delta t_{кр n=3000}$  начальной формы  $m_{нач}$  динамической неустойчивости, которые соответствуют различным значениям  $\rho_{\phi}$  и одинаковым величинам  $S$  и  $(1 - \rho_{\phi}) \cdot R_1$  (табл. 2).

Таблица 2

$\rho_{\phi}$	$S, \text{ мм}$	$(1 - \rho_{\phi})R_1, \text{ мм}$	$R_1, \text{ мм}$	$m_{нач}$	$n_{кр}, \text{ об/мин}$	$\Delta t_{кр}, \text{ }^\circ\text{C}$
0,4	2,0	150	250,0	3	3935	17,9
0,3	2,0	150	214,3	3	4425	23,1
0,2	2,0	150	187,5	2	4685	23,0

Рациональное соотношение диаметров пилы и зажимных фланцев зависит, таким образом, от ряда факторов (скорость вращения, сте-

пень нагрева, размеры диска) и может быть найдено с помощью предложенной номограммы.

Преимущество рассмотренной номограммы перед известной номограммой ЦНИИМОДа [4] — как в полноте информации о положении областей неустойчивости, так и в наглядности графического представления. Так, приведенная ранее номограмма [4] определяет положение лишь динамического участка начальной области неустойчивости. Рассматриваемая нами номограмма характеризует положение обоих участков (динамического и статического) трех ближайших областей неустойчивости ( $m=2, 3, 4$ ); она охватывает больший диапазон размеров пил и в отличие от предыдущей номограммы [4] не требует интерполяции по параметрам  $R_1$  и  $\Delta t$ . При необходимости в номограмме можно учесть [5] влияние затухания и напряжений от сил резания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жодзиский Г. А. Влияние начальных напряжений от проковки и напряжений от неравномерного нагрева на частоты свободных колебаний вращающихся круглых пил. — Труды ЛТА, вып. 83. Л., 1959. [2]. Пашков В. К., Бодалев В. Г. Номограмма для выбора режимов работы дисковыми пилами. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1971, № 1. [3]. Стахийев Ю. М. Теоретическое исследование частот собственных колебаний и критических чисел оборотов дисковых пил. — Научные труды ЦНИИМОДа, вып. 18. Архангельск, 1965. [4]. Стахийев Ю. М., Лыжин Ф. В. О несущей способности диска плоских круглых пил. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 1. [5]. Юзефович Г. И. Влияние затухания на области динамической неустойчивости круглых пил. — Научные труды ЛТА, вып. 97. Л., 1962.

УДК 674.812

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

*Н. М. МИХИН, А. И. СМОЛЬЯКОВ*

Институт проблем механики АН СССР

Воронежский лесотехнический институт

Показано, что трение прессованной древесины имеет двойственную молекулярно-механическую природу. Молекулярная составляющая коэффициента трения зависит от нормальных напряжений в зоне контакта и определяется параметрами  $\tau_0$  и  $\beta$  связанными со свойствами материала.

Прессованную древесину широко используют в качестве подшипникового материала в различных отраслях промышленности. Для разработки оптимальных конструкций подшипников, выбора условий их работы и обоснованного подбора материала на основе прессованной древесины, обеспечивающего заданные фрикционные свойства, необходимо знать процессы, протекающие на фрикционном контакте.

При относительном скольжении двух деталей происходит внедрение более жестких неровностей поверхности металла в прессованную древесину. Эти неровности вызывают деформирование тонкого поверхностного слоя прессованной древесины. Сопротивление такому деформированию назовем деформационной составляющей силы трения. В результате межмолекулярных взаимодействий в зонах фактического контакта появляются дополнительные силы сопротивления скольжению. Суммарную силу сопротивления относительно скольжению,

обусловленному межмолекулярными взаимодействиями в зонах касания, назовем молекулярной составляющей силы трения. В качестве первого приближения внешнее трение прессованной древесины можно описать, используя молекулярно-механическую теорию трений [1], [3], [4], [7], [8], [9].

В данной работе приведены результаты по исследованию молекулярной составляющей коэффициента внешнего трения

$$f_m = \frac{\tau_n}{P_r}, \quad (1)$$

где  $P_r$  — средние нормальные напряжения на контакте;  
 $\tau_n$  — средние касательные напряжения на границе раздела, обусловленные межмолекулярными взаимодействиями в зонах касания.

В общем случае [1], [2]

$$\tau_n = \tau_0 + \beta P_r, \quad (2)$$

здесь  $\tau_0$  — средние касательные напряжения, обусловленные межмолекулярными взаимодействиями при  $P_r \rightarrow 0$ ;

$\beta$  — коэффициент, характеризующий изменение средних касательных напряжений в зависимости от нормальных.

Учитывая, что молекулярная составляющая коэффициента трения и средние касательные напряжения на контакте  $\tau_n$  зависят от нормальных напряжений, целесообразно определять величины  $\tau_0$  и  $\beta$ , а по ним при заданных  $P_r$  вычислять  $f_{\text{мол}}$ . Для определения  $\tau_0$  и  $\beta$  мы использовали метод «искусственных подложек». Однако необходимо учитывать, что толщина слоя прессованной древесины на подложке не может быть менее 0,2—0,3 мм. Кроме того, при приложении нагрузки шаровой индентор деформирует прессованную древесину. Эта деформация передается на подложку. Если твердость подложки выше твердости прессованной древесины, то происходит уплотнение ее под индентором. В результате нормальные напряжения в зоне контакта по глубине будут различны. Если твердость подложки меньше твердости прессованной древесины, то происходит деформация подложки практически без изменения нормальных напряжений по глубине. Если прессованную древесину нанести на подложку различной твердости, то на каждой подложке при пластической деформации средние нормальные напряжения разные и  $\tau_n = \varphi(P_r)$ , хотя контакт при этом сохраняется между одними и теми же материалами (например, сталь ШХ-15 по прессованной древесине).

Нами выбраны подложки из свинца, олова, алюминия и баббита, то есть материалов, твердость которых равна или меньше твердости прессованной древесины. В качестве покрытия выбирали прессованную древесину без смазки (ДП) и пропитанную маслом «Индустриальное 45» (ДП-инд. 45); фторопластом (ДП-Ф4); моторным маслом, загущенным полиэтиленом (ДП-МП); церезином (ДП-Ц) и смесью из стеариновой кислоты и церезина (ДП-Ц-С).

Образцы готовили следующим образом. На подложку из выбранного материала наклеивали клеем БФ-2 тонкую пластинку (толщиной 0,2—0,3 мм) из непропитанной древесины. После наклейки на подложку древесину пропитывали указанными веществами.

Очистку шарового индентора проводили по методике Ахматова, а очистку поверхности непропитанной прессованной древесины — эфиром. Смазку на шаровую поверхность индентора наносили после очистки.

Эксперименты проводили по такой схеме. Шаровой индентор сжимали нагрузкой  $N$  между двумя плоско-параллельными образцами подложек с наклеенными на них пластинками из прессованной древесины [6]. Под нагрузкой выдерживали определенное время (в соответствии с ГОСТом 9012—59) для испытания материала подложки на твердость по Бринелю, после чего производили вращение шарового индентора и записывали

силу вращения. Затем после снятия нагрузки измеряли диаметр отпечатка на микроскопе МБИ (с ценой деления 0,01 мм) и вычисляли площадь контакта. Изменяя твердость материала подложки, получили значения силы трения при разных средних нормальных напряжениях.

Результаты экспериментов представлены на рис. 1. Каждая из приведенных на этом рисунке экспериментальных точек является средним арифметическим результатом 8—9 измерений. Разброс данных не превышал 5%.

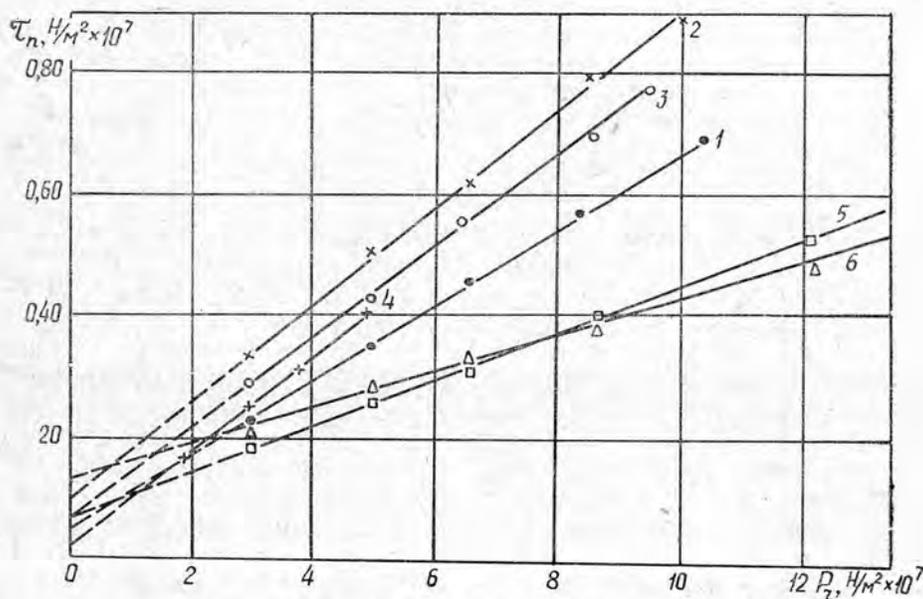


Рис. 1. Зависимость касательных напряжений от нормальных при температуре в зоне трения  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  для ДП.

1 — без смазки; 2 — пропитанной маслом «Индустриальное 45»; 3 — фторопластом Ф-4; 4 — моторным маслом; 5 — церезином; 6 — смесью церезина и стеариновой кислоты.

Из рис. 1 видно, что с увеличением средних нормальных напряжений на контакте касательные напряжения возрастают линейно, следуя биномиальному закону согласно уравнению (2). Экстраполированием  $\tau_n = \varphi(P_r)$  до значения  $P_r \rightarrow 0$  определяют  $\tau_0$ . Тангенс угла наклона прямой, соединяющей экспериментальные точки, к оси абсцисс есть величина  $\beta$ . Величина  $\tau_0$  не зависит от нормальной нагрузки и характеризуется только свойствами материала пленки.

В табл. 1 представлены значения  $\tau_0$  и  $\beta$  для различных материалов на основе прессованной древесины при температуре в зоне трения  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Молекулярная составляющая коэффициента трения для всех материалов

$$f_m = \frac{\tau_0}{P_r} + \beta. \quad (3)$$

Изменение молекулярной составляющей коэффициента трения в зависимости от средних нормальных напряжений на контакте показано на рис. 2. Каждая точка является средним арифметическим результатом 8—9 измерений. Как показали исследования, молекулярная составляющая коэффициента трения не зависит от средних нор-

Таблица 1

Прессованная древесина	$\tau \times 10^7$ , Н/м <sup>2</sup>	$\beta$
Без смазки	0,050	0,0610
Пропитанная маслом «Индустриальное 45»	0,100	0,0795
„ моторным маслом	0,025	0,0760
„ фторопластом Ф-4	0,070	0,0735
„ церезином	0,070	0,0375
„ „ и стеариновой кислотой	0,135	0,0280

мальных напряжений на контакте. Это позволяет предположить, что при пластических деформациях в зонах касания средние нормальные и касательные напряжения на контакте постоянны.

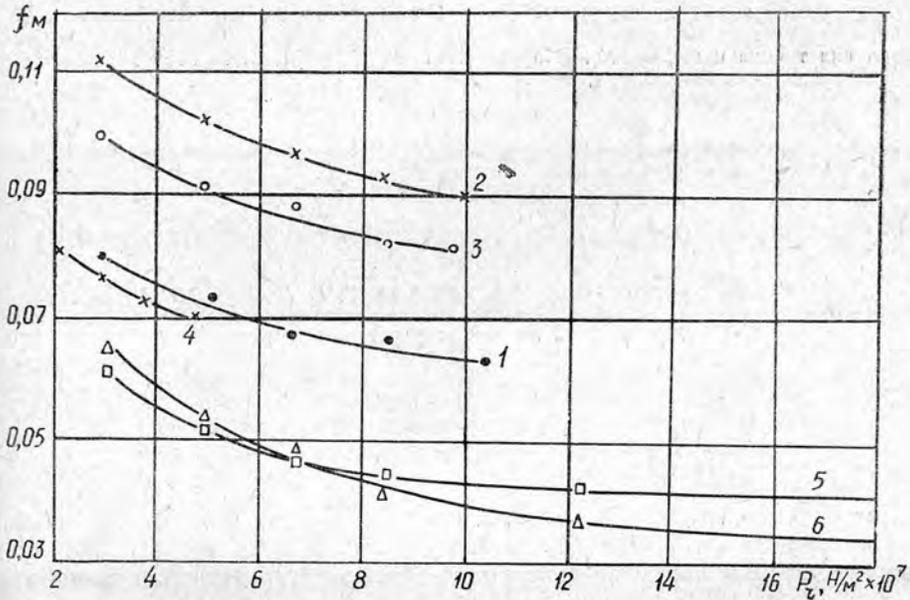


Рис. 2. Зависимость молекулярной составляющей коэффициента трения от нормальных напряжений при температуре в зоне напряжения  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  для ДП.

1 — без смазки; 2 — пропитанной маслом «Индустриальное 45»; 3 — фторопластом Ф-4; 4 — моторным маслом; 5 — церезином; 6 — смесью церезина и стеариновой кислоты.

Из рис. 1 и данных табл. 1 видно, что если после пропитки прессованной древесины различными смазками понижается ее прочность, то параметр  $\beta$  увеличивается; если же прочность материала повышается, то  $\beta$  уменьшается. Параметр  $\tau_0$  после пропитки ДП увеличивается. Исключение составляет прессованная древесина, пропитанная моторным маслом, загущенным полиэтиленом. Понижение  $\tau_0$  можно объяснить [5] тем, что полиэтилен образует на металлической поверхности промежуточный слой с низким сопротивлением на срез.

Из испытанных материалов на основе ДП при работе их в узлах трения с высокими нагрузками наилучшими антифрикционными свой-

ствами обладает прессованная древесина, пропитанная церезином и смесью церезина и стеариновой кислоты.

Таким образом, для пары трения прессованная древесина — металл как и для металлов среднекасабельные напряжения на контакте линейно возрастают с увеличением нормальных напряжений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бюден Ф. П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. М., «Машиностроение», 1968. [2]. Дерягин Б. В. Молекулярная теория трения и скольжения. — ЖФХ, вып. 9, 1934. [3]. Добычин М. Н., Ляпин К. С. К вопросу о расчетно-экспериментальном методе определения коэффициента трения. — В сб.: О природе трения твердых тел. Минск, «Наука и техника», 1971, с. 325—328. [4]. Крагельский И. В. Молекулярно-механическая теория внешнего трения. Трение и износ в машинах. АН СССР, 1949. [5]. Купчинов Б. И. Узлы трения с использованием природных и синтетических полимеров. — В сб.: Композиционные полимерные материалы и их применение, т. II. Гомель, 1972. [6]. Ляпин К. С., Михин Н. М. Влияние металлических покрытий на тангенциальную прочность адгезионной связи. — В сб.: О природе трения твердых тел. Минск, «Наука и техника», 1971, с. 328—332. [7]. Михин Н. М. Теоретические и экспериментальные исследования внешнего трения и расчет коэффициента трения. Автореферат докторской диссертации. Киев, 1970. [8]. Парфенов В. Н. Вывод формулы для коэффициента трения в авиатормозах. — В сб.: Контактное взаимодействие твердых тел и расчет сил трения и износа. М., «Наука», 1971. [9]. Steijn R. P. Friction and Wear of Singl Crystals. — «Wear», 1964, No. 1, vol. 7, p. 48—66.

Поступила 18 октября 1974 г.

УДК 674.815-41

### О КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Н. А. МИХАЙЛОВ, О. П. ВАСИЛЬКОВ, Т. В. МИХАЙЛОВА

Воронежский лесотехнический институт

Приведены результаты исследований по установлению оптимальных режимов кондиционирования плит. Показана возможность их получения с минимальными внутренними напряжениями при условии кондиционирования по режимам, разработанным в институте.

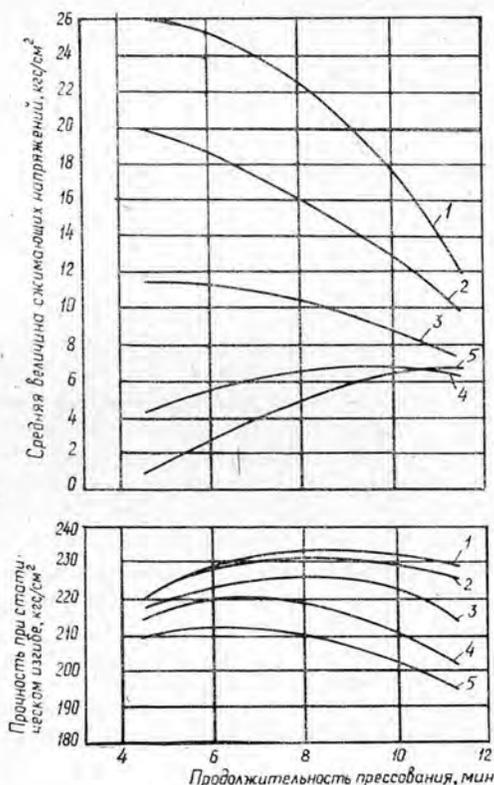
Увлажнение готовых древесностружечных плит нанесением воды на их поверхность способствует значительному сокращению продолжительности выравнивания влажности по толщине плиты по сравнению с естественным кондиционированием и кондиционированием плит в камере с определенной температурой и влажностью окружающего воздуха. В связи с этим нами проведены исследования, направленные на разработку ускоренных режимов кондиционирования плит, обеспечивающих не только их высокую формоустойчивость, но и прочность.

Исследования выполняли в лабораторных условиях с последующей проверкой полученных результатов в цехе древесностружечных плит Майкопской МДФ «Дружба». Плиты изготавливали из древесных частиц, полученных на станке ДС-6, при продолжительности прессования 4,5—11,5 мин и температуре прессования 140—190°C. Плотность плит 700 кг/м<sup>3</sup>, толщина 19 мм. Расход связующего на основе смол КС-68 и УКС принимали в соответствии с рекомендациями ЦНИИФа. Количество воды, наносимой на поверхность готовой плиты, равно 0—300 г/м<sup>2</sup>. Методика определения прочностных показателей плит соответствовала ГОСТам 10635-63 и 10636-63. Внутренние напряжения в плитах находили по методике Б. Н. Уголева, разработанной применительно к древесине, с учетом особенностей изготовления древесностружечных плит. Применяли метод математического планирования эксперимента, в данном случае — ортогональное планирование.

Было установлено, что температура воды и температура самой плиты оказывают значительное влияние на прочность плит и величину

Рис. 1. Влияние продолжительности прессования на величину внутренних напряжений и прочность плит при статическом изгибе (температура прессования  $165^{\circ}\text{C}$ ).

1, 2, 3, 4, 5—увлажнение водой поверхности плит соответственно 0; 60; 150; 240; 300 г/м<sup>2</sup>.



внутренних напряжений. Особенно заметно снижение прочности плит при их увлажнении без предварительного охлаждения, то есть непосредственно после выгрузки из пресса. При температуре плит менее  $50^{\circ}\text{C}$  на их прочность в большей мере влияет температура воды, чем самой плиты. При температуре плиты в пределах  $50^{\circ}\text{C}$  температура воды должна быть равной  $20-30^{\circ}\text{C}$ . При температуре плиты, равной температуре окружающей среды, температура воды равна  $20-50^{\circ}\text{C}$ . Температура плиты, а также температура воды менее  $50^{\circ}\text{C}$  заметного влияния на величину внутренних напряжений не оказывают. В дальнейшем все исследования проводили на плитах с температурой в пределах  $50^{\circ}\text{C}$ ; температура воды составляла  $20-25^{\circ}\text{C}$ .

На основании полученных результатов построены кривые (рис. 1), из которых следует, что продолжительность прессования древесностружечных плит и количество воды, наносимой на их поверхность, оказывают значительное влияние на величину внутренних напряжений. Прочность плит при статическом изгибе в меньшей мере зависит от указанных факторов. Интересно отметить, что при увлажнении поверхности плит из расчета  $150\text{ г/м}^2$  и меньше с увеличением продолжительности прессования от 4,5 до 11,5 мин величина внутренних напряжений снижается. При количестве воды  $240-300\text{ г/см}^2$  внутренние напряжения возрастают. Такой характер зависимости величины внутренних напряжений от продолжительности прессования и количества наносимой воды, по-видимому, объясняется распределением влажности в плите после выгрузки ее из пресса. При минимальной продол-

жительности прессования, в основном, происходит испарение влаги из поверхностных слоев. Поэтому в готовой плите имеет место значительный перепад между влажностью поверхностных слоев плиты и влажностью промежуточных и среднего слоев, которая при минимальной выдержке плит в прессе практически неизменна.

Плиты без увлажнения имеют максимальные внутренние напряжения, а нанесение уже небольшого количества воды приводит к заметному снижению напряжений. Так, если в плитах без увлажнения величина внутренних напряжений составляет  $26 \text{ кгс/см}^2$ , то при нанесении  $60 \text{ г}$  воды на  $1 \text{ м}^2$  поверхности эта величина снижается до  $20 \text{ кгс/см}^2$ , а при нанесении  $150 \text{ г}$  воды — до  $11,5 \text{ кгс/см}^2$  и практически полностью снимается в случае увлажнения древесностружечных плит из расчета  $300 \text{ г}$  воды на  $1 \text{ м}^2$  их поверхности.

При максимальной выдержке в течение  $11,5 \text{ мин}$  плит в прессе количество воды оказывает меньшее влияние на внутренние напряжения. В плитах без увлажнения величина внутренних напряжений равна  $12 \text{ кгс/см}^2$ . При нанесении воды  $150 \text{ г/м}^2$  эта величина снижается до  $7,5 \text{ кгс/см}^2$ , дальнейшее увеличение количества воды не сказывается на внутренних напряжениях.

Полученные результаты позволяют заключить, что увлажнение поверхности древесностружечных плит для снятия внутренних напряжений наиболее целесообразно при интенсифицированных режимах прессования, когда в плите имеют место максимальные внутренние напряжения.

Рассмотрим, какое влияние оказывает увлажнение на прочность плит при статическом изгибе. Из рис. 1 следует, что количество воды значительно больше сказывается на прочности плит при их максимальной выдержке в прессе, чем при минимальной. Так, для продолжительности прессования  $4,5 \text{ мин}$  прочность плит без увлажнения и при нанесении  $300 \text{ г}$  воды на  $1 \text{ м}^2$  поверхности снизилась на  $4,5\%$ , а для длительности прессования  $11,5 \text{ мин}$  она уменьшилась уже на  $14,3\%$ .

Влияние температуры прессования на величину внутренних напряжений и прочность плит при статическом изгибе в какой-то мере аналогично влиянию продолжительности прессования. С увеличением температуры снижается величина внутренних напряжений. В случае нанесения воды на поверхность плит при максимальной температуре прессования ( $190^\circ\text{C}$ ) получается меньший эффект, чем при минимальной. Для максимальной продолжительности прессования при высокой температуре влага, наносимая на поверхность плиты, практически не оказывает влияния на величину внутренних напряжений. Это связано с тем, что для данных режимов прессования величина внутренних напряжений имеет минимальные значения в плитах без увлажнения.

Приняв во внимание режимы прессования в производственных условиях, а также учтя высокую формоустойчивость плит в случае, когда средняя величина сжимающих напряжений не превышает  $7-8 \text{ кгс/см}^2$ , на основании данных экспериментальных исследований можно установить, что оптимальное количество воды, необходимое для нанесения на поверхность плиты —  $150-200 \text{ г/м}^2$ .

Значения прочности плит и внутренних напряжений получены на плитах, выдержанных после увлажнения в течение нескольких суток в условиях, аналогичных условиям выдержки плит в плотных стопах. Выдержка на открытом воздухе требует нанесения большего количества воды для получения нужного эффекта, а это приводит к значительному снижению прочности плит при статическом изгибе.

Выдержка плит в стопах снижает эффективность разработанного режима. С целью сокращения продолжительности кондиционирования древесностружечных плит нами

были проведены следующие исследования. Плиты после увлажнения выдерживали в камере при температуре воздуха 50°C и относительной влажности 95—100% в течение 10, 20 и 30 мин. Полученные результаты показали, что после увлажнения выдержка плит в камере в течение 20 мин вполне достаточна, чтобы считать законченным процесс их кондиционирования.

Таблица 1

Кондиционирование	Прочность, кгс/см <sup>2</sup> ,		Средняя величина сжимающих напряжений
	при изгибе	при растяжении перпендикулярно пласти	
В комнатных условиях	228	6,4	26,4
По рекомендуемому режиму	246	7,2	7,6

В табл. 1 представлены показатели древесностружечных плит при кондиционировании в различных условиях. Для плит, прошедших кондиционирование по разработанному режиму, средняя величина сжимающих напряжений почти в 3,5 раза меньше, чем для прошедших кондиционирование в комнатных условиях. При этом в первом случае прочность плит при растяжении перпендикулярно пласти на 13% выше, а при статическом изгибе на 8% выше, чем во втором случае.

Таким образом, кондиционирование древесностружечных плит целесообразно проводить по следующему режиму:

- 1) охлаждение плит до температуры в пределах 50°C;
- 2) увлажнение поверхности плит водой из расчета 150—200 г/м<sup>2</sup>;
- 3) выдержка плит в камере в течение 20 мин при температуре воздуха 50°C и относительной влажности 95—100%.

Шлифование плит способствует получению одинакового класса чистоты поверхности независимо от режима кондиционирования.

Поступила 14 апреля 1975 г.

УДК 634.0.824.81/85

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВЫХ ОТЛИВОК

Ю. С. СОБОЛЕВ

Московский лесотехнический институт

Приведены рекомендации по методике испытания клеевых отливок с целью получения механических характеристик твердой клеевой массы. Даны результаты опытов по предлагаемой методике.

Прочность и долговечность клеевых деревянных конструкций в большинстве случаев определяются прочностью и долговечностью клеевых соединений. Несущая способность соединений лимитируется прочностью древесины, клеевого слоя и контакта древесины с клеем, поэтому напряженное состояние в соединении зачастую довольно сложно и неоднородно. Следовательно, перед тем, как проводить экспериментальное исследование прочности соединения, необходимо определить механические характеристики клея и древесины и произвести предварительный расчет с учетом этих характеристик, что позволит в дальнейшем значительно сократить количество проводимых опы-

тов, внесет ясность в результаты экспериментов и сделает их более целенаправленными.

В настоящей статье изложена методика определения механических характеристик клея КБ-3, широко применяемого при изготовлении клееных деревянных конструкций. Для получения стабильных и определенных данных испытания клеевых отливок проводили при чистом сдвиге, растяжении и сжатии.

Условия чистого сдвига создавали при испытании на кручение клеевых отливок (в виде тонкостенных трубок), для изготовления которых использовали специальную разборную металлическую форму. Перед сборкой формы на поверхности нагретых ее деталей наносили тонкий слой парафина, обеспечивающий в дальнейшем изоляцию клеевой массы от металлических поверхностей и облегчающий процесс извлечения трубки из формы. Клей готовили непосредственно перед заливкой в форму; заливку производили через воронку с тонким отверстием. Это создавало благоприятные условия для выхода из формы воздуха и газов, образующихся при реакции смолы с отвердителем.

Клеевую отливку в форме выдерживали в течение двух суток при  $+20^{\circ}\text{C}$ . Затем трубку извлекали из формы, концы ее выравнивали и заправляли в кольцевые пазы деревянных головок. Размеры пазов назначались с учетом усадки клея при его полимеризации. В дальнейшем при помощи клея КБ-3 концы отливки скрепляли с деревянными головками.

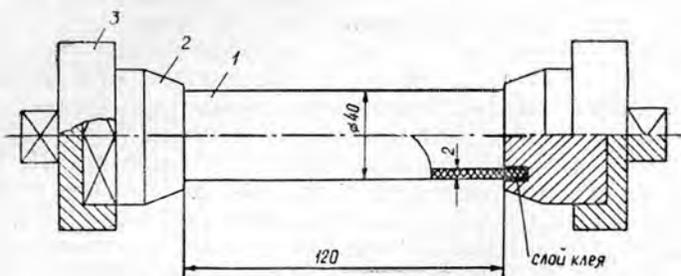


Рис. 1.

Изготовленный для испытания образец показан на рис. 1 (1 — клеевая отливка; 2 — деревянные головки; 3 — металлические обоймы). При кручении эти образцы на значительном протяжении, за исключением зоны, непосредственно прилегающей к головкам, находились в условиях однородного напряженного состояния чистого сдвига (рис. 2, а, б).

Значения касательных напряжений

$$\tau_{\theta} = \frac{M_{\kappa}}{2W_{\theta}} \quad (1)$$

где  $M_{\kappa}$  — крутящий момент;

$W_{\theta}$  — площадь сечения, стягиваемая средней линией замкнутого контура;

$\delta$  — толщина трубки.

Предел прочности  $\tau_b$  определяли по формуле (1) при  $M_{\kappa} = M_{\kappa}^{\text{пред}}$   
 $M_{\kappa}^{\text{пред}}$  — предельный или разрушающий момент.

Значение модуля упругости

$$G = \frac{\Delta M_{\kappa}}{2W_{\theta}\Delta(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)} \quad (2)$$

где  $\Delta(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)$  — приращение разности главных деформаций при изменении напряжения от  $\tau_{\text{min}}$  до  $\tau_{\text{max}}$

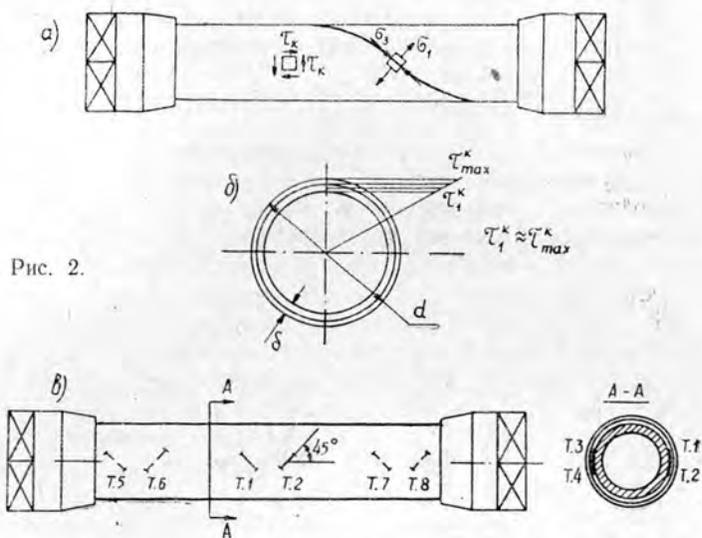


Рис. 2.

Для замера деформаций использовали датчики омического сопротивления с базой  $s = 10$  мм и сопротивлением  $R = 200$  ом.

На рис. 2, в показано расположение датчиков на образце. Образец циклически нагружали при  $M_k^{min} = 24$  кгсм и  $M_k^{max} = 60$  кгсм.

Скорость нагружения составляла  $100 \pm 10$  кгсм/мин при определении предела прочности и  $150 \pm 15$  кгсм/мин при определении модуля сдвига.

Прочность клеевых отливок на растяжение определяли на плоских образцах (рис. 3), которые изготовляли при помощи шаблонов из отлитой в специальной форме пластины непосредственно после извлечения отливки из формы. Операции подготовки деталей формы, заливки клея и извлечения пластины из формы аналогичны соответствующим операциям по изготовлению трубок.

При испытании образцов на растяжение в пределах упругости определяли величины постоянных упругостей клеевых отливок (модуля упругости  $E$  и коэффициента Пуассона  $\mu$ ). На рис. 3 показано расположение тензометров (датчиков) для замера продольной и поперечной деформаций.

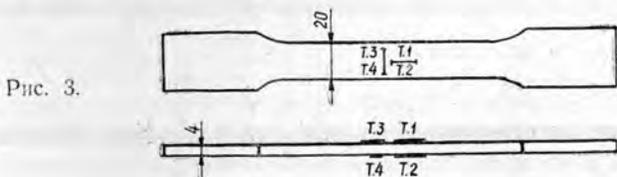


Рис. 3.

Принятая форма образца позволяет производить испытания с целью получения постоянных упругости и предела прочности на одних и тех же образцах.

Скорость нагружения при определении предела прочности принята равной  $80 \pm 8$  кгс/мин. Разрушение происходило в сечениях, достаточно удаленных от головок образца, что подтверждает незначительное влияние концентрации напряжений в переходной части образца и

свидетельствует об удачном выборе радиуса закругления переходной части ( $r = 40$  мм). Для определения постоянных упругости образцы нагружали силой в диапазоне 10—40 кгс. Скорость нагружения принята равной  $120 \pm 12$  кгс/мин.

Образцы для испытаний на сжатие (рис. 4, а) изготавливали в виде коротких цилиндров (при соотношении  $\frac{l}{d} = 1,5$ ) из отлитых в специальной форме стержней круглого сечения. В процессе изготовления образцов строго контролировали наличие перпендикулярности оси образца к торцевым плоскостям.

Испытания проводили на специальном приспособлении, показанном на рис. 4, б (1 — жесткий корпус; 2 — стержень; 3 — шаровая опора; 4 — образец).

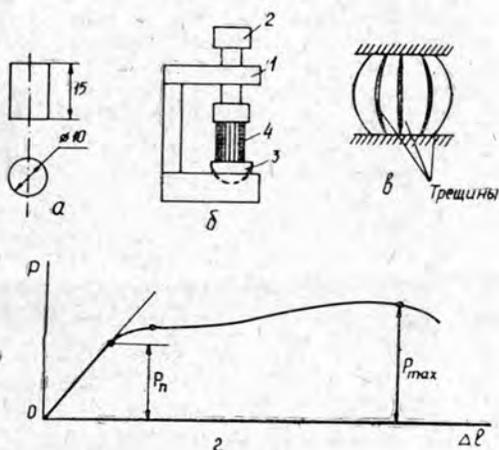


Рис. 4.

Рис. 4, в иллюстрирует типичное разрушение образца, характеризующееся возникновением продольных трещин при наличии бочкообразной формы образца.

При испытаниях записывали диаграмму сжатия. Характерная диаграмма сжатия показана на рис. 4, г. С увеличением времени вы-

Таблица 1

Механические характеристики	Статистические величины		
	M	$v, \%$	n, шт.
Предел прочности при чистом сдвиге $\tau_b, \text{кгс/см}^2$	75	14	3
	128	18	3
Предел прочности при растяжении $\sigma_b^p, \text{кгс/см}^2$	130	25	16
	232	28	7
Предел прочности при сжатии $\sigma_b^c, \text{кгс/см}^2$	305	10	14
	370	12	10
Модуль упругости при растяжении E, тыс. кгс/см <sup>2</sup>	15,14	9	3
	18,21	8	3
Коэффициент Пуассона $\mu$	0,41	12	3
	0,36	14	3
Модуль сдвига при кручении G, тыс. кгс/см <sup>2</sup>	5,12	8	3
	6,81	7	3

Примечание. M — среднее арифметическое значение соответствующей механической характеристики;  $v$  — коэффициент вариации; n — количество образцов.

держки клеевой отливки до испытания существенно увеличиваются ординаты и уменьшаются абсциссы диаграммы.

Результаты предварительных испытаний отливок из клея КБ-3 (100 вес. частей смолы и 20 вес. частей отвердителя) по предлагаемой методике приведены в табл. 1, где представлены данные для случаев выдержки отливок при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  в течение 5 суток (числитель) и 30 суток (знаменатель).

Как видно из данных табл. 1, длительная выдержка клеевых отливок перед испытанием приводит к увеличению всех характеристик, за исключением коэффициента Пуассона, который несколько уменьшается.

Соотношение между постоянными упругости  $G$ ,  $E$  и  $\mu$  в данном случае сохраняется с отклонением средних значений на 5,1% при выдержке в течение 5 суток и на 1,6% при выдержке в течение 30 суток.

Таким образом, предлагаемая методика определения механических характеристик клеев позволяет установить все основные факторы сопротивления клеевых отливок, за исключением влияния побочных деформаций в процессе испытания. Согласно этой методике, все виды испытаний производятся на образцах с размерами поперечного сечения одного порядка, что исключает нежелательное влияние масштабного фактора на результаты опытов. Рекомендуемые для определения механических характеристик образцы имеют несложные формы и легко могут быть изготовлены в условиях заводской лаборатории.

Поступила 24 апреля 1975 г.

УДК 634.0.812.72+674.048.5

## ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЖИМАЮЩЕГО УСИЛИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И МОДУЛЬ УПРУГОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФЕНОЛОСПИРТАМИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Г. М. ХВЕСЬКО

Белорусский технологический институт

Анализируются результаты экспериментального определения пределов прочности и модулей упругости при сжатии под различными углами к волокнам древесины, модифицированной фенолоспиртами. Определена степень снижения анизотропии предела прочности и модуля упругости древесины в результате модификации. Показана возможность оценки величин пределов прочности и модулей упругости по известным соотношениям.

Древесина — ортотропный материал, имеющий три взаимно перпендикулярные плоскости структурной симметрии, вследствие чего она обладает анизотропией механических свойств. Для натуральной древесины определены экспериментальные и теоретические зависимости механических свойств от различных направлений сжимающих усилий [1], [2], [4], [6].

В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования анизотропии предела прочности и модуля упругости при сжатии образцов из модифицированной фенолоспиртами древесины березы. Для сравнения показателей испытаны аналогичные образцы из натуральной древесины.

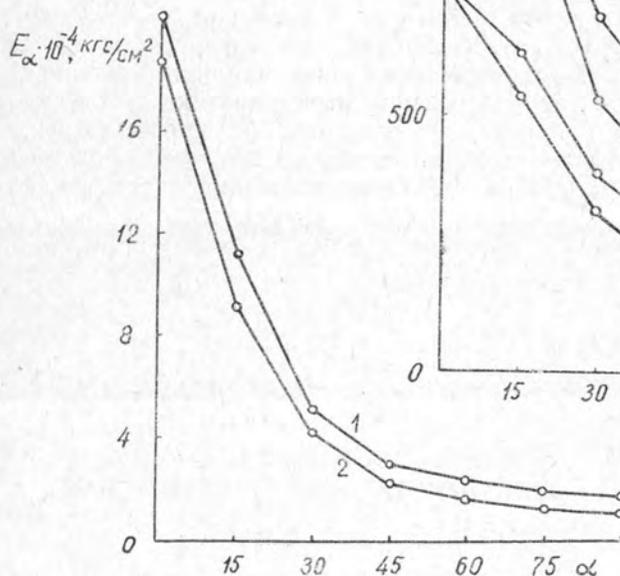
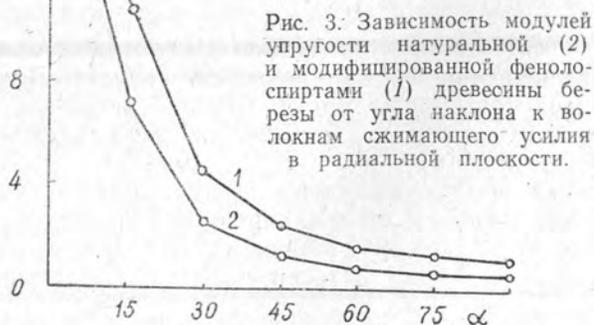


Рис. 2. Зависимость модулей упругости натуральной (2) и модифицированной фенол-спиртами (1) древесины березы от угла наклона к волокнам сжимающего усилия в тангенциальной плоскости.



Образцы выпиливали с учетом нагружения под различными углами  $\alpha$  к волокнам в продольно-радиальной и продольно-тангенциальной плоскостях. Угол  $\alpha$  изменяли через каждые  $15^\circ$ . Размеры образцов для определения модулей упругости  $20 \times 20 \times 60$  мм, а для определения пределов прочности  $20 \times 20 \times 20$  мм. (Образцы высотой 20 и 30 мм дают разброс в пределах точности испытаний [3]). Кубическая форма образцов лучше обеспечивает равенство условий испытаний при разных углах наклона усилий к волокнам. Для модифицированной древесины влажность образцов определяли по отношению к весу образцов исходной древесины в абс. сухом состоянии [5]. Влажность составила 6—7%. Количество введенного в древесину сухого вещества фенолоспиртов оценивали коэффициентом пропитки [7] ( $0,1 \div 0,2$ ).

Пределы прочности для натуральной древесины при  $\alpha = 0 \div 45^\circ$  определяли по нагрузке, соответствующей разрушению образца; для  $\alpha = 60 \div 90^\circ$  условные пределы прочности находили по нагрузке, взятой с диаграммы  $P - \Delta l$  в точке перехода прямолинейного участка в явно криволинейный. При испытании на прочность модифицированной фенолоспиртами древесины разрушение образцов наблюдалось в интервале  $\alpha = 0 \div 60^\circ$ ; при  $\alpha = 75 \div 90^\circ$  условный предел прочности вычисляли по той же методике, что и для натуральной древесины.

Модули упругости определяли рычажным тензомером (база 20 мм, цена деления 0,001 мм) с четырех сторон образца и находили средние значения.

Результаты опытов обработаны статистически. Показатели точности не превысили 5%, вариационный коэффициент 2—8%. По средним значениям показателей в каждой точке построены графики зависимостей пределов прочности (рис. 1) и модулей упругости (рис. 2, 3) от угла наклона сжимающего усилия к волокнам в обеих плоскостях симметрии. Для оценки интенсивности уменьшения пределов прочности и модулей упругости при отклонении сжимающего усилия от продольного направления и снижения степени анизотропии этих механических характеристик при модификации древесины вычислены отношения пределов прочности и модулей упругости и построены соответствующие графики (рис. 4, 5). (Характеристики, отмеченные звездочкой, относятся к модифицированной древесине).

Из рис. 1 видно, что при отклонении сжимающего усилия от направления вдоль волокон до  $\alpha = 45^\circ$  в обеих плоскостях пределы прочности модифицированной древесины снижаются более резко,

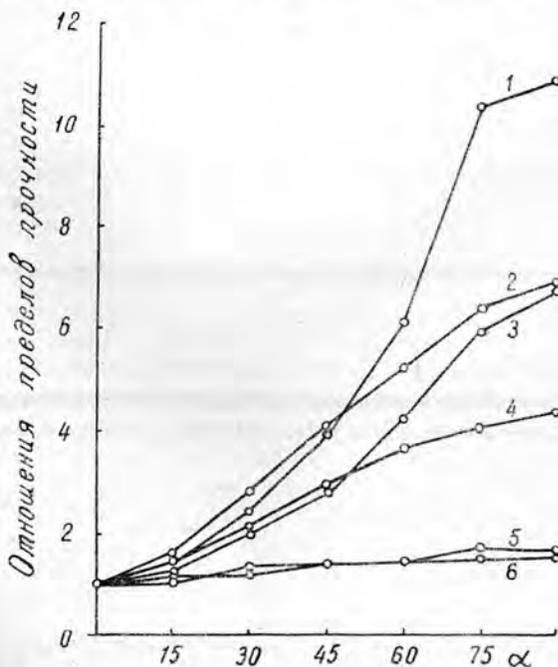


Рис. 4. Изменение отношений пределов прочности при отклонении сжимающего усилия от продольного направления.

$$1 - \sigma_a / \sigma_t(\alpha); \quad 2 - \sigma_a^* / \sigma_t^*(\alpha); \quad 3 - \sigma_a / \sigma_r(\alpha); \quad 4 - \sigma_a^* / \sigma_r^*(\alpha); \quad 5 - \sigma_r(\alpha) / \sigma_t(\alpha); \quad 6 - \sigma_r^*(\alpha) / \sigma_t^*(\alpha).$$

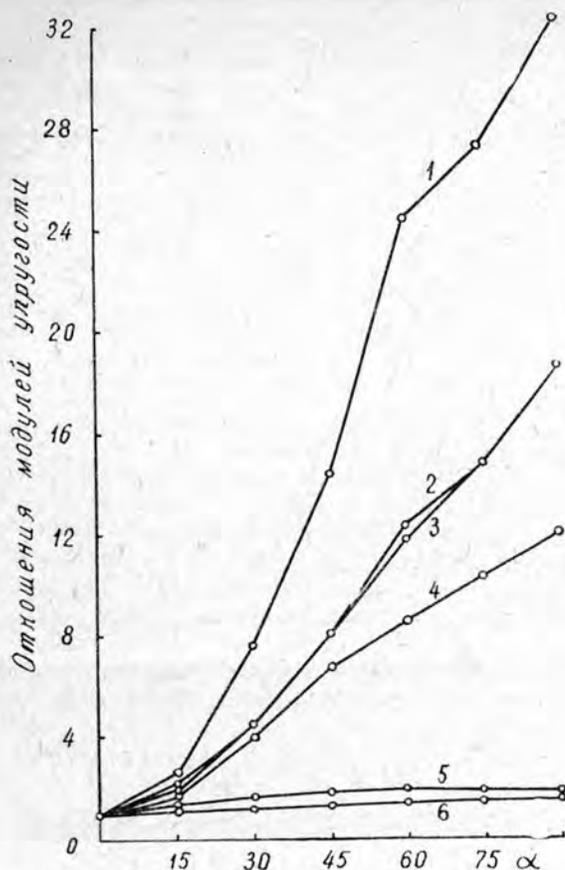


Рис. 5. Изменение относительных модулей упругости при отклонении сжимающего усилия от продольного направления (1 —  $E_a|E_t(\alpha)$ ; 2 —  $E_a|E_r(\alpha)$ ; 3 —  $E_a^*|E_t^*$ ; 4 —  $E_a^*|E_r^*(\alpha)$ ; 5 —  $E_r(\alpha)|E_t(\alpha)$ ; 6 —  $E_r^*(\alpha)|E_t^*(\alpha)$ ).

чем натуральной. На этом участке отношения пределов прочности вдоль волокон к пределам прочности под углами к волокнам у модифицированной древесины больше (рис. 4). При  $\alpha \geq 48^\circ$  наблюдается обратная картина и по мере увеличения угла  $\alpha$  разница между относительными уменьшениями пределов прочности растет, достигая максимума для  $\alpha = 90^\circ$  (кривые 1 и 2, 3 и 4). Это указывает на снижение степени анизотропии прочности у модифицированной древесины. Степень анизотропии прочности уменьшилась в 1,54 раза в продольно-радиальной плоскости и в 1,6 раза в продольно-тангенциальной.

Поскольку кривые 5 и 6 (рис. 4) практически совпадают, то из этого следует, что при указанной выше пропитке древесины березы фенолоспиртами увеличение пределов прочности для всех углов  $\alpha$  в обеих плоскостях пропорционально. Этот вывод нельзя распространять на модифицированную древесину с любым коэффициентом пропитки.

При малом коэффициенте пропитки характер изменения модуля упругости при отклонении сжимающего усилия от продольного направления для натуральной и модифицированной древесины практически одинаков (рис. 2, 3), хотя абсолютные значения  $E_\alpha$  и  $E_\alpha^*$  различны. Величина модулей упругости очень быстро уменьшается при отклонении усилия от продольного направления до  $30^\circ$ . Для натуральной древесины это снижение составляет 78% в продольно-радиальной плоскости и 87% в продольно-тангенциальной плоскости; для модифицированной древесины эти цифры соответственно равны

75 и 78%. В обеих плоскостях на всем интервале изменения угла  $\alpha$  с его увеличением у модифицированной древесины по сравнению с натуральной наблюдается менее интенсивное уменьшение значений модуля упругости (рис. 5). Это привело к снижению степени анизотропии упругих свойств при модификации древесины в 1,54 раза в продольно-радиальной плоскости, в 1,74 раза в продольно-тангенциальной плоскости, в 1,13 раза поперек волокон.

Модуль упругости у модифицированной древесины по сравнению с натуральной оказался в продольном направлении только на 8% больше, в радиальном — на 67%, в тангенциальном — на 90%.

Значит, в наибольшей мере эффект модификации проявляется в направлении, перпендикулярном волокнам древесины.

По формулам [1], [6]

$$\sigma_{at} = \frac{1}{\cos 2\alpha \left( \frac{\cos^2 \alpha}{\sigma_a} - \frac{\sin^2 \alpha}{\sigma_t} \right) + \frac{\sin^2 2\alpha}{\sigma_{at}^{45}}};$$

$$\sigma_{ar} = \frac{1}{\cos 2\alpha \left( \frac{\cos^2 \alpha}{\sigma_a} - \frac{\sin^2 \alpha}{\sigma_r} \right) + \frac{\sin^2 2\alpha}{\sigma_{ar}^{45}}};$$

$$E_\alpha = \frac{E_{45}}{1 - [(1-m) \cos^2 \alpha - (1-n) \sin^2 \alpha] \cos 2\alpha};$$

$$m = \frac{E_{45}}{E_a}; \quad n = \frac{E_{45}}{E_{90}}$$

определены значения пределов прочности и модулей упругости модифицированной фенолоспиртами древесины березы для углов  $\alpha$ , равных 15, 30, 60, 75°. При вычислениях в качестве исходных использованы опытные данные, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

$\alpha$	$\sigma_{b(\alpha)}^*$	$\sigma_{b(\alpha)}^*$	$\delta, \%$	$E_\alpha^* \cdot 10^{-4}$	$E_\alpha^* \cdot 10^{-4}$	$\delta, \%$
	теорет., кгс/см <sup>2</sup>	опытн., кгс/см <sup>2</sup>		теорет., кгс/см <sup>2</sup>	опытн., кгс/см <sup>2</sup>	
0		1470			20,25	
		1470			20,35	
15	$\frac{1026}{1150}$	$\frac{959}{1010}$	$\frac{7,0}{13,8}$	$\frac{11,40}{11,27}$	$\frac{10,89}{11,50}$	$\frac{4,7}{-2,3}$
30	$\frac{568}{734}$	$\frac{527}{692}$	$\frac{7,8}{6,1}$	$\frac{4,87}{5,17}$	$\frac{4,47}{5,06}$	$\frac{8,9}{2,2}$
45		$\frac{359}{506}$			$\frac{2,50}{3,01}$	
60	$\frac{267}{398}$	$\frac{280}{401}$	$\frac{-4,6}{-0,7}$	$\frac{1,58}{2,15}$	$\frac{1,72}{2,36}$	$\frac{-8,1}{-8,9}$
75	$\frac{226}{349}$	$\frac{230}{360}$	$\frac{-1,7}{-3,1}$	$\frac{1,20}{1,79}$	$\frac{1,36}{1,98}$	$\frac{-11,8}{-9,6}$
90		$\frac{214}{335}$			$\frac{1,10}{1,69}$	

Примечание. В числителе данные для продольно-тангенциальной плоскости; в знаменателе — для продольно-радиальной плоскости.

Сравнение теоретических и опытных значений  $\sigma_{b(\alpha)}^*$  и  $E_\alpha^*$  (процент ошибки вычислен по отношению к данным опыта) позволяет

сделать вывод о том, что для древесины березы, модифицированной фенолоспиртами ( $k = 0 \div 0,2$ ), эти величины можно оценить при любом угле  $\alpha$ , определив предварительно опытным путем их значения в главных направлениях и под углами  $45^\circ$  к волокнам в соответствующих плоскостях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ашкенази Е. К., Боксберг И. П., Рубинштейн Г. М., Туровцев К. К. Анизотропия механических свойств древесины и фанеры. Гослесбумиздат, 1958. [2]. Ашкенази Е. К. Прочность анизотропных древесных и синтетических материалов. М., «Лесная промышленность», 1966. [3]. Ашкенази Е. К., Ганов Э. В. Анизотропия конструкционных материалов. Л., «Машиностроение», 1972. [4]. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела. М., ГИТТЛ, 1950. [5]. Любецкий Д. И., Макаревич С. С., Хвесько Г. М. К вопросу влажности модифицированной древесины. — В сб.: Модификация древесины синтетическими полимерами, вып. 1, Минск, 1973. [6]. Митинский А. Н. Упругие постоянные древесины как ортотропного материала. — Труды ЛТА, № 63, Л., 1948. [7]. Хвесько Г. М., Любецкий Д. И. О количественной оценке пропитки древесины. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорта леса, вып. 4, Минск, 1974.

Поступила 18 марта 1974 г.

УДК 667.646.42

### РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕРЫВИСТОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АБРАЗИВНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. И. ЯЦЮК, Э. А. ТКАЧЕНКО

Львовский лесотехнический институт

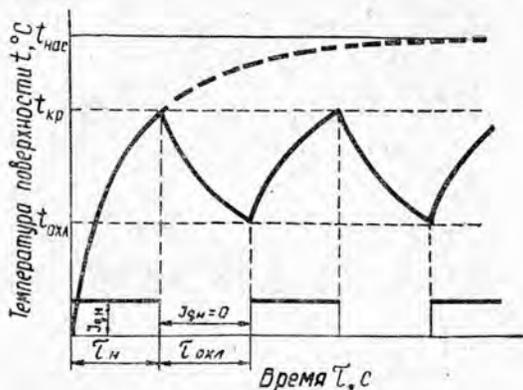
Показаны достоинства гибкого абразивного инструмента с прерывистой рабочей поверхностью на операции шлифования лакокрасочных покрытий. Приведена методика расчета геометрических параметров режущей поверхности абразивной ленты.

Тепловые явления, сопровождающие процесс шлифования лаковых пленок на древесине, существенно изменяют физико-механическое состояние поверхностного слоя обрабатываемого материала. Лакокрасочные покрытия на основе термопластичных, так и терморезистивных материалов под действием высокой температуры шлифования приобретают пластические свойства [5]. Это объясняется тем, что около 77—99% всей энергии, затрачиваемой на резание, превращается в тепло, 80% которого переходит в обрабатываемую деталь. Так как время протекания пластических деформаций при шлифовании находится в интервале  $10^{-6}$ — $10^{-8}$  с, то даже материалы, обладающие очень высокой теплопроводностью, не успевают быстро отводить тепло из зоны контакта. Следовательно, в поверхностном слое обрабатываемого материала происходит концентрирование энергии теплового удара, что создает высокий температурный градиент.

Как указывают некоторые авторы [1], с увеличением температуры до  $100^\circ\text{C}$  твердость лакокрасочной пленки уменьшается в 4—5 раз. Согласно экспериментальным данным [5], твердость нитроцеллюлозных лаков в интервале температур  $20$ — $70^\circ\text{C}$  снижается более чем в 6 раз, а полэфирных лаков — в 4—5 раз. Уменьшение твердости лаковых пленок в процессе шлифования вызывает интенсивное засали-

вание абразивного слоя ленты и ухудшение качества обработки. Поэтому задача снижения температуры в зоне резания при шлифовании лакокрасочных покрытий имеет большое значение. Существует несколько путей решения этой задачи, один из которых — применение абразивного инструмента с прерывистой рабочей поверхностью.

Рис. 1. Изменение температуры лакового покрытия при шлифовании абразивной лентой со сплошной и прерывистой рабочей поверхностью.



Как известно [3], [6], величина контактной температуры зависит от времени действия теплового источника. При шлифовании абразивным инструментом со сплошной рабочей поверхностью и определенных режимах обработки в зоне контакта наступает период теплового насыщения поверхности детали (рис. 1, штриховая линия). За счет подбора соответствующей длины зерновой насыпки и канавки прерывистого абразивного слоя ленты можно создать условия, при которых продолжительность контакта элементарной площадки обрабатываемого материала с инструментом меньше времени теплового насыщения [6]. В этом случае температура не достигает возможного максимума, так как в течение времени, когда элементарная площадка детали находится в зоне впадины, она остывает (рис. 1, сплошная линия).

В ряде работ [3], [6] предложена методика расчета длин и впадин шлифовального круга с прерывистой поверхностью для обработки металлов. Используя основные положения этой методики, можно определить геометрические параметры прерывистой режущей поверхности абразивной ленты при шлифовании лакокрасочных покрытий.

Ширина зерновой насыпки в миллиметрах (рис. 2)

$$B = 10^3 \cdot V \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $\tau$  — время теплового насыщения обрабатываемого материала, с;  
 $V$  — скорость шлифования, м/с.

Величину  $\tau$  определяли из выражения (4), связывающего скорость перемещения теплового источника, максимальную температуру шлифования и теплофизические характеристики обрабатываемого материала [6]. Для удобства расчета времени теплового насыщения представим эту зависимость в критериальном виде

$$\tau = \frac{4 \text{Pe}^2 \cdot \text{Fo} \cdot a}{U^2}, \quad (2)$$

здесь  $\text{Pe}$  — критерий Пекле;  
 $\text{Fo}$  — критерий Фурье;  
 $a$  — коэффициент температуропроводности,  $\text{см}^2/\text{с}$ ;  
 $U$  — скорость перемещения теплового источника,  $\text{см}/\text{с}$ .

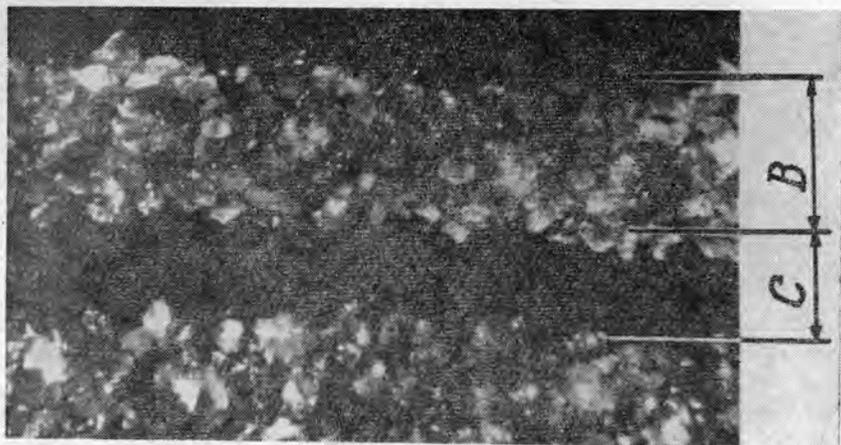


Рис. 2. Геометрические параметры прерывистой рабочей поверхности абразивной ленты.

Комплекс  $Re^2Fo$ , характеризующий время теплового насыщения, можно определить из графической зависимости между величиной относительной температуры  $\Theta$  и безразмерным комплексом  $Re^2Fo(x)$  [6].

Как указывает один из авторов [3], под безразмерной температурой  $\Theta$  понимают отношение допустимой температуры, при которой не происходят структурные превращения, к температуре в зоне контакта. Экспериментальные данные, полученные нами при определении средней установившейся температуры поверхностного слоя лакового покрытия, показали, что при шлифовании полиэфирного лака ПЭ-246 она достигает  $75-90^\circ\text{C}$ . Для этой температуры характерно резкое уменьшение твердости лаковой пленки, что значительно снижает стойкость гибкого абразивного инструмента, а также появление синевы и волосяных трещин на обрабатываемой поверхности. Допустимыми с этой точки зрения для лака ПЭ-246 можно считать температуры, не превышающие  $50-60^\circ\text{C}$ . Величина  $\Theta$  при таких условиях равна приблизительно 0,8.

Анализ формулы (2) позволяет установить, что время теплового насыщения в значительной степени зависит от скорости перемещения теплового источника. На рис. 2 показана зависимость периода теплового насыщения от скорости перемещения теплового источника для случая шлифования полиэфирного лака ПЭ-246. Коэффициент температуропроводности

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности,  $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{град} \cdot \text{с}}$ ;

$c$  — удельная теплоемкость,  $\text{кал/г} \cdot \text{град}$ ;

$\rho$  — плотность сухой пленки,  $\text{г/см}^3$ .

По графику на рис. 3 и формуле (2) можно определить ширину зерновой насыпки  $B$  для различных скоростей подачи. Для скорости резания  $V = 24$  м/с, которая по данным ряда авторов [2] считается оптимальной при шлифовании полиэфирных лаков, величина  $B$  изменяется в пределах  $2,5-0,5$  мм.

Время охлаждения зависит от способа шлифования (сухой или влажный). Если при сухом шлифовании понижение температуры про-

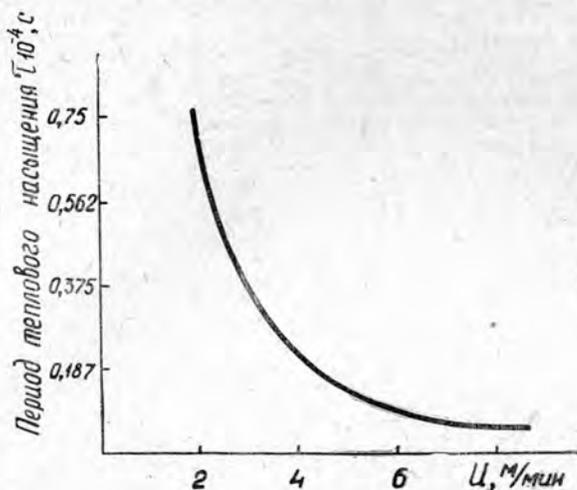


Рис. 3. Зависимость периода теплового насыщения от скорости перемещения теплового источника при шлифовании лака ПЭ-246.

исходит за счет мощной струи воздуха, захватываемой выступами, то при влажном шлифовании — за счет увеличения теплоотдачи между поверхностью детали и охлаждающей жидкостью. Как указывает автор работы [6], охлаждающая жидкость, захватываемая канавками, практически имеет скорость движения абразивной ленты. Так как шлифование лакокрасочных покрытий рекомендуют [2] производить влажным способом, то расчет ширины канавки  $C$  (рис. 2) определим из условия жидкостного охлаждения. С этой целью используем приближенную формулу

$$\Theta = e^{Ti^2} \operatorname{erfc} Ti, \quad (4)$$

здесь  $Ti = \frac{\alpha \sqrt{\tau_{\text{охл}}}}{\sqrt{\lambda c \cdot \rho}}$  — критерий Тихонова;

$\alpha$  — коэффициент теплоотдачи, кал/см<sup>2</sup>·с·град.

Используя зависимость между  $Ti$  и относительной температурой  $\Theta$  время охлаждения поверхности определим по формуле

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{\lambda \cdot c \cdot \rho \cdot Ti^2}{\alpha^2}. \quad (5)$$

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha = c \Delta t^{2,3}$ . Для 0,5%-ного мыльного раствора воды, который, в основном, используют в качестве охлаждающей жидкости,  $c = 0,0366$  [4]. Для  $\Delta t \approx 30^\circ\text{C}$   $\alpha = 90$ . Подставляя значение  $\alpha$  и  $c$  в формулу (5) при  $Ti = 4$ , получим  $\tau_{\text{охл}} = 1,75 \cdot 10^{-4}$  с. Таким образом, при влажном шлифовании размер канавки должен быть того же порядка, что и размер зерновой насыпки.

Экспериментальные данные подтвердили эффективность шлифования лакокрасочных покрытий абразивной лентой с прерывистой режущей поверхностью.

Так, при шлифовании полиэфирного лака ПЭ-246 температура поверхности снизилась примерно на 30%, что значительно увеличило стойкость гибкого абразивного инструмента на этой операции. Кроме того, производительность обработки возросла до 1,7 раза, а качество поверхности значительно улучшилось.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Буглай Б. М., Матвеева Т. А. Об облагораживании поверхности полиэфирных лаковых покрытий. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1966, № 8, с. 5.  
 [2]. Жуков Е. В. и др. Шлифование лаковых покрытий на древесине. М., ЦНИИТЭИ-леспром, 1967. [3]. Кигель И. Г. Исследование процесса шлифования твердых сплавов алмазными кругами с прерывистой рабочей поверхностью. Автореферат кандидатской диссертации. Пермь, 1971. [4]. Кирпичев М. В., Михеев М. А., Эйгенсон А. С. Теплоотдача. М.—Л., Энергоиздат, 1940. [5]. Уланова М. Е. Исследование процесса шлифования лакокрасочных покрытий мебельных щитов. Автореферат кандидатской диссертации. Л., 1971. [6]. Якимов А. В., Сипайлов В. А. и др. Прерывистое шлифование. — «Вестник машиностроения», 1967, № 3.

Поступила 17 марта 1975 г.

УДК 634.0.812

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Ю. В. ВИХРОВ, В. А. БОРИСОВ

Белорусский технологический институт

Дерево, находящееся долгое время в земле, изменяет свой химический состав и физические свойства. Показаны характерные изменения клеточной стенки и физические свойства археологической древесины сосны в зависимости от степени разрушения.

Деревянные сооружения и предметы быта, найденные археологами, представляют большую историческую ценность. Сохранившиеся в течение многих сотен лет в земле, после вскрытия они в большинстве случаев разрушаются.

В почве древесина подвергается изменениям, причины которых очень разнообразны. Так, частичное окисление и гидролиз входящих в ее состав органических веществ (углеводов, дубильных веществ, жиров и т. д.) происходят под действием воды, кислорода, воздуха, кислой или щелочной реакции почвы. Однако основным фактором, вызывающим разложение древесины, являются населяющие почву микроорганизмы. В результате деятельности разнообразнейших представителей микрофлоры разрушение древесины в почве, как указывают многие исследователи [2—5], представляет комплексный и стадийно протекающий процесс с разложением гемицеллюлозы, целлюлозы и в меньшей степени — лигнина.

Анализируя полученные данные при исследовании археологической древесины сосны начала XIII в. из раскопа «Берестье» (Брест), мы пришли к выводу, что основной фактор, способный более полно характеризовать степень разрушения этой древесины, — изменение ее плотности.

Для обозначения величины разрушения археологической древесины мы ввели показатель — степень деградации, который определяли как отношение разности (в процентах) значений плотностей (в абс. сухом состоянии) здоровой современной и археологической древесины к плотности современной при одинаковом содержании поздней древесины в образце [1].

Было установлено, что археологическая древесина, имеющая высокую степень разрушения, при высыхании сильно упрецовывается, тем самым давая завышенные значения истинной плотности и степени

деградации, что не всегда хорошо согласуется с данными по остальным физическим свойствам. Чтобы более полно и достоверно охарактеризовать степень деградации древесины сосны, мы рассмотрели ее взаимную связь с условной и истинной плотностями для различно разрушенной археологической древесины.

Как видно из рис. 1, связь между условной плотностью  $\rho_{\text{усл}}$  и степенью деградации древесины  $S$  весьма велика. Коэффициент корреляции  $r = -0,996 \pm 0,004$ . Уравнения, связывающие величины условной плотности и степени деградации, имеют следующий вид:

$$S = 102,02 - 245,9\rho_{\text{усл}};$$

$$\rho_{\text{усл}} = 0,404 - 0,004S.$$

Связь между истинной плотностью и степенью деградации (рис. 2) несколько хуже, хотя коэффициент корреляции также очень высок  $r = -0,975 - 0,0025$ . Уравнения, связывающие величины истинной плотности и степени деградации, имеют вид

$$S = 115,05 - 244,9\rho;$$

$$\rho = 0,4534 - 0,0037S.$$

Очень хорошая связь обнаружена между максимальным водосодержанием древесины и ее условной плотностью (рис. 3). С уменьшением плотности водосодержание увеличивается. Это увеличение особенно интенсивно при изменении плотности ниже  $0,25 \text{ г/см}^3$ , что можно объяснить значительным разрушением клеточных стенок древесины и возросшим поглощением составляющих ее компонентов.

На основании указанного выше

$$S = \frac{\rho_{\text{усл.с}} - \rho_{\text{усл.а}}}{\rho_{\text{усл.с}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $S$  — степень деградации археологической древесины;  
 $\rho_{\text{усл.с}}$  — условная плотность современной здоровой древесины с конкретным содержанием поздней древесины в годичном слое;  
 $\rho_{\text{усл.а}}$  — условная плотность археологической древесины с таким же содержанием поздней древесины в годичном слое.

Для древесины построек Берестя в зависимости от условий залегания и места нахождения по длине и толщине венцов характерно снижение плотности от 0 до 85% по сравнению со здоровой древесиной. Были приняты 4 степени деградации древесины: 1) снижение плотности от 0 до 20%; 2) от 20,1 до 40%; 3) от 40,1 до 60%; 4) от 60,1 и выше.

Нами разработан упрощенный неразрушающий метод определения степени деградации археологической древесины\*, заключающийся в определении твердости древесины с влажностью выше точки насыщения волокна. Обычно древесина в таком состоянии встречается в подавляющем большинстве раскопов. Прибор для измерения твердости изготовляли на базе индикатора часового типа. Рабочим органом прибора служил стальной шарик ( $d=4 \text{ мм}$ ), закрепленный на подвижной ножке индикатора.

Усилие прижима шарика создавалось постановкой в индикатор специальной пружины. Твердость характеризовалась глубиной внедрения шарика, которую снимали по шкале индикатора. На рис. 4 приведена

\* Работу проводили совместно с С. Ю. Казанской.

зависимость усредненных показателей твердости тангенциальной и радиальной плоскостей археологической древесины от степени ее деградации. При уменьшении плотности до 50% твердость образцов снижается незначительно (внедрение шарика в древесину по твердомеру возрастает до 28 единиц). С переходом образцов из 3-й степени деградации в 4-ю степень твердость резко падает (показание по твердомеру при максимальном разрушении древесины возрастает до 75 единиц). По полученным значениям твердомера и графику (рис. 4) можно в полевых условиях определить степень деградации древесины, которая, как мы покажем ниже, хорошо согласуется с ее усушкой и водосохранением.

В большинстве случаев древесина предметов и сооружений, вскрываемых археологами, находится в максимально насыщенном водой состоянии (Брест, Киев, Новгород, Восточный Урал — Горбуново, Давид-Городок).

Изучение изменения свойств древесины, связанных с испарением из нее воды, помогает выяснить причины, вызывающие сильные деформации, коробление, и позволит правильно подойти к разработке способов укрепления древесины.

Из анализа графиков (рис. 5, 6) видно, что на первом этапе разрушения археологическая древесина по сравнению со здоровой имеет большую усушку. С увеличением степени деградации усушка несколько снижается, приближаясь к усушке здоровой древесины. Дальнейшее увеличение деградации древесины до 50—60% вызывает резкое возрастание усушки, после чего ее величина стабилизируется. Усушка в радиальном направлении достигает своего максимального значения при снижении плотности на 70%. Мы не обнаруживаем колебаний объемной усушки древесины с изменением ее степени деградации (рис. 7), присущей тангенциальному и радиальному направлениям; объемная усушка незначительно увеличивается вплоть до снижения плотности древесины на 50%. Дальнейшее повышение степени разрушения археологической древесины приводит к резкому возрастанию объемной усушки. Колебания объемной усушки в тангенциальном и радиальном направлениях во 2-й и 3-й степенях деградации компенсируются за счет очень сильного возрастания усушки вдоль волокон (рис. 8). По-видимому, именно высокая усушка вдоль волокон в первую очередь вызывает коробление, растрескивание и разрушение древесины.

Сравнение приведенных графиков (рис. 5—8) показывает, что наибольшее возрастание объемной и линейной усушки от степени деградации происходит в пределах 3-й степени. Указанная закономерность обусловлена влиянием процессов, происходящих в клеточных стенках древесины за время ее пребывания в земле. Поэтому мы провели на микроскопе МБИ-6 анатомическое исследование микросрезов древесины различных степеней деградации.

На рис. 9—12 приведены фотографии торцовых срезов четырех степеней деградации. По мере увеличения степени разрушения, особенно в поздней зоне годичного слоя, наблюдается заметное изменение вторичной оболочки клеточной стенки. Клеточные стенки древесины 1-й степени деградации (рис. 9) по внешнему виду не отличаются от здоровой древесины. Во 2-й степени деградации (рис. 10) клеточные стенки становятся по виду рыхлыми с незначительными отслоениями отдельных волоконцев как в ранней, так и в поздней зонах. С переходом в 3-ю степень (рис. 11) вся масса клеточных стенок поздней зоны покрывается мелкими «оспинками», совершенно исчезает

слоистость оболочек. В отдельных клетках наблюдается отслоение оболочек от срединных пластинок и оболочки сморщиваются. На срезах древесины 4-й степени деградации хорошо заметно сильное «разлохмачивание» оболочек и их деформация. В поздней зоне (рис. 12) практически все оболочки отслоились от середины пластинки и сморщились. В некоторых клетках осталась лишь одна срединная пластинка, а содержимое клетки отсутствует.

В данной работе мы не приводим фотографии тангенциальных и радиальных срезов, где также очень хорошо наблюдается процесс разрушения древесины по степеням деградации. С увеличением степени разрушения на торцовых и тангенциальных срезах в смоляных ходах сначала заметно отсутствие смолы, затем исчезают выстилающие и сопровождающие клетки, а в последней стадии разрушения исчезает большинство клеток сердцевинных лучей и клетки, примыкающие к смоляному ходу. На радиальном срезе в конечной стадии разрушения полностью отсутствуют окаймления пор и торусов.

Таким образом, сильное разрушение клеточных стенок способствует относительно быстрому высыханию вскрытой археологической древесины с появлением больших деформаций, особенно вдоль волокон. Это вызывает образование поперечных и продольных трещин, а неравномерность разрушения древесины по сечению и длине находок в конечном итоге приводит к отслаиванию древесины по границе годовых слоев и к ее разрушению.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Вихров Ю. В., Борисов В. А. — В сб.: Механическая технология древесины, № 4, Минск. 12. Горшин С. Н., Черенцов И. А. Полигонные испытания антисептиков. М., «Лесная промышленность», 1966. 13. Мишустин Е. Н., Подьяпольская О. П. Образование гумусовых соединений при процессах автосинтеза. — «Микробиология», 1938, т. 7. 14. Турсов А. Г. О некоторых химико-биологических процессах, совершающихся при гумификации растительных остатков, опытной агрономии. 1916, 17. 15. Тюрин И. В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. Сельхозиздат, 1937.

Поступила 15 июля 1975 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.813

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  
ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ДРЕВЕСИНЕ ХВОЙНЫХ ПОРОДЭ. И. ФЕЙГУС, А. М. КАНЫШЕВА, А. И. ГОЛОВИН,  
А. Е. СОСНИН

Архангельский лесотехнический институт, ЦНИЛХИ

В результате исследований выявлено, что при концентрации щелочи 2—3% летучих извлекается больше, чем при концентрации, рекомендуемой методикой. Рассчитаны поправочные коэффициенты для щепы из пневого осмола, сосновой и еловой.

Для аналитического определения содержания скипидара в технологической щепе, перерабатываемой на целлюлозно-бумажных предприятиях, пользуются методикой нахождения летучих в пневом сосновом осмоле канифольно-экстракционного производства [2].

Широкое использование древесины хвойных пород в сульфатцеллюлозном производстве и все возрастающее внимание, уделяемое сбору и переработке скипидара, выдвигают задачу организации систематического контроля за содержанием летучих в исходном технологическом сырье. Изменение анализируемого материала требует проверки пригодности методики определения содержания летучих веществ.

Для исследований были взяты следующие виды технологического сырья: 1) щепка из свежего пневого соснового осмола, свеженарубленная, перерабатываемая на Вахтангском КЭЗ, фракция 5—20 мм, средняя влажность 24,8; 2) щепка сосновая технологическая из свежерубленной древесины сосны (Горьковская область), фракция 15—30 мм, средняя влажность 54,4%; 3) щепка еловая технологическая, перерабатываемая на Балахнинском ЦБК, фракция 15—30 мм, средняя влажность 44,2%.

Содержание летучих в щепе определяли следующим образом. Навеску щепы 200 г помещали в колбу стандартного прибора, заливали 600 мл щелочи определенной концентрации, нагревали до кипения, а затем отгоняли скипидар и собирали его в ловушку. Через 30 мин с момента начала кипения измеряли количество отогнанного скипидара. У каждого из видов щепы определяли летучие с использованием раствора щелочи концентрацией соответственно 1; 2; 3 и 4%.

С раствором щелочи каждой концентрации проведено 10—12 параллельных определений. В один день одновременно анализировали растворы щелочи разной концентрации. Зависимость степени извлечения летучих из щепы по времени от концентрации раствора щелочи показана на рис. 1—3 (для построения графиков были взяты средние арифметические значения).

Установлено, что точность опытов, определенная по формуле (1), меняется в зависимости от концентрации щелочи

$$\varepsilon = \pm \frac{tq, N^{\gamma-1} S}{V^{\gamma}}, \quad (1)$$

где  $tq N^{\gamma-1}$  — табличное значение критерия Стьюдента [1], взятое для 5%-ного уровня значимости при числе степеней свободы  $N^{\gamma-1}$ ;

Рис. 1. Влияние концентрации раствора щелочи на степень извлечения летучих из еловой щепы.  
 1 — 1%-ный КОН; 2 — 2%-ный КОН; 3 — 3%-ный КОН; 4 — 4%-ный КОН.

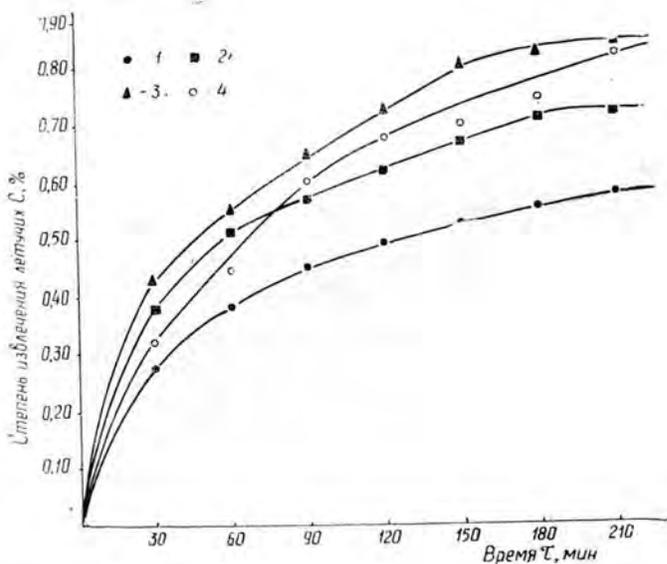
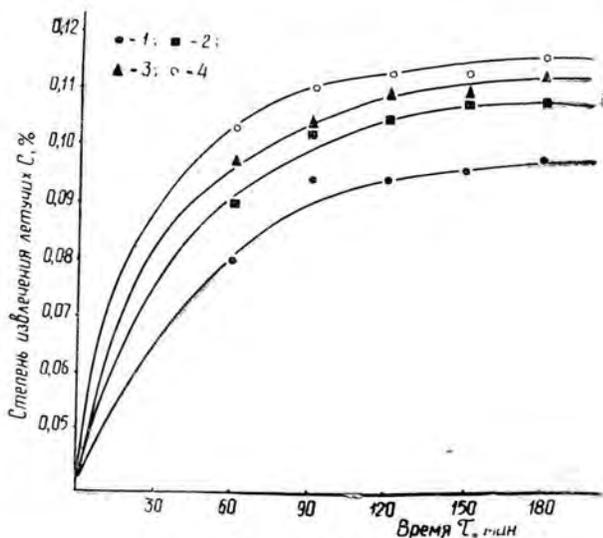


Рис. 2. Влияние концентрации раствора щелочи на степень извлечения летучих из сосновой щепы.  
 1 — 1%-ный КОН; 2 — 2%-ный КОН; 3 — 3%-ный КОН; 4 — 4%-ный КОН.

$N$  — число моментов времени, в которых получено  $\gamma$  параллельных определений процента извлечения.

Данные о максимальном извлечении летучих при различных концентрациях раствора КОН и точности этих результатов приведены в табл. 1.

Характер расположения кинетической кривой при использовании 4%-ной щелочи для сосновой щепы (рис. 2), возможно, является результатом вынужденного замедления перегонки из-за сильного вспенивания в начальный период процесса.

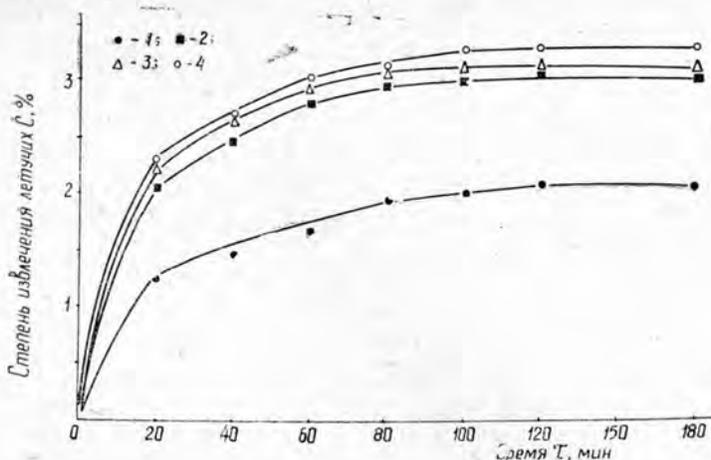


Рис. 3. Влияние концентрации раствора щелочи на степень извлечения летучих из щепы пневого осмола.

1 — 1%-ный КОН; 2 — 2%-ный КОН; 3 — 3%-ный КОН; 4 — 4%-ный КОН.

Таблица 1

Концентрация раствора КОН, %	Щепа еловая; $\tau=180$ мин		Щепа сосновая; $\tau=120$ мин		Щепа из свежего пневого осмола; $\tau=180$ мин	
	Выход летучих, % к абс. сухой древесине	Точность опытов $\pm E$	Выход летучих, % к абс. сухой древесине	Точность опытов $\pm E$	Выход летучих, % к абс. сухой древесине	Точность опытов $\pm E$
1	0,099	0,005	0,58	0,019	2,16	0,04
2	0,109	0,005	0,72	0,036	3,09	0,18
3	0,113	0,005	0,85	0,033	3,15	0,10
4	0,113	0,008	0,81	0,050	3,30	0,08

Во время опытов щепу хранили в полиэтиленовых мешках; систематически проводили анализы ее на содержание летучих и экстрагируемых эфиром смолистых веществ. Количественного изменения указанных выше веществ за период исследований не отмечалось.

Можно предполагать (рис. 1—3 и табл. 1), что при концентрации щелочи 2—3% извлекается летучих больше, чем при концентрации, рекомендуемой методикой. Было проведено сравнение средних результатов по существующим методикам [1], [4]. По полученной в данном эксперименте точности можно сделать вывод о значительном увеличении извлечения летучих из сосновой щепы при переходе от щелочи концентрацией 1% к концентрации 2 и 3%. Дальнейшее увеличение концентрации КОН приводит к снижению процента извлечения летучих за период опыта (3 ч). Это подтверждается графиком зависимости извлечения летучих от концентрации КОН (рис. 4).

Подобное исследование позволило сделать вывод о существенном влиянии повышения концентрации щелочи (до 4%) на степень извлечения летучих из щепы пневого осмола (рис. 5). При полученной точности эксперимента увеличение концентрации щелочи до 2—4% повышает извлечение летучих из щепы еловой древесины в равной степени. Значительные расхождения выхода скипидара вызваны потерями при перегонке, частичным связыванием скипидара с омыленными смолистыми веществами и, в основном, неполным извлечением летучих из щепы, причем определенную роль играют содержание смолистых ве-

Рис. 4. Влияние концентрации раствора КОН на степень извлечения летучих по времени для сосновой щепы.

1 — 210 ÷ 240 мин.; 2 — 180; 3 — 150; 4 — 120; 5 — 90; 6 — 60; 7 — 30 мин.

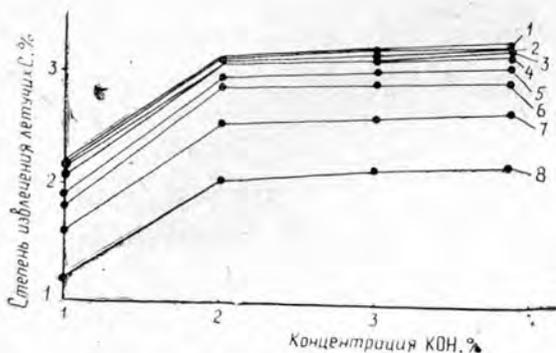
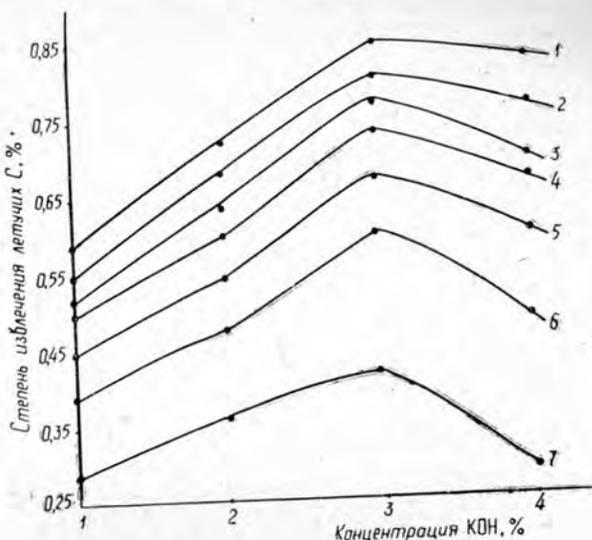


Рис. 5. Влияние концентрации раствора КОН на степень извлечения летучих по времени для щепы из пневого осмола.

1 — 180 мин; 2 — 150; 3 — 120; 4 — 100; 5 — 80; 6 — 60; 7 — 40; 8 — 20 мин.

ществ и их расположение в древесине. Так, в древесине еловой щепы летучие расположены лишь в смоляных ходах, которые сравнительно легко доступны для проникновения щелочи, а в сосновой большая часть их находится в полостях трахеид ядровой древесины. Еще большая относительная доля этих смолистых содержится в пневом осмоле.

Интересен анализ состава летучих (в процентах), извлеченных из щепы при отгонке со щелочью различной концентрации; анализ выполнен методом газо-жидкостной хроматографии [3] (табл. 2).

Хроматографические исследования показали, что состав скипидара, извлеченного из щепы хвойных пород древесины при отгонке со щелочью концентрацией 1; 2; 3 и 4%, с учетом точности метода, близок к постоянному, что подтверждает диффузионный характер процесса.

Следовательно, для отгонки летучих целесообразно применять раствор щелочи повышенной концентрации.

Проблема обильного вспенивания может быть решена подбором эффективного пеногасителя.

Выходы летучих веществ в зависимости от концентрации водного раствора щелочи и их максимальные выходы можно сравнить с помощью коэффициентов, вычисленных по формуле (2) и представленных в табл. 3.

Таблица 2

Состав скипидара	Щепа из пневого осмола				Сосновая щепа			
	Концентрация щелочи, %							
	1	2	3	4	1	2	3	4
$\alpha$ -пинен	63,1	64,1	64,6	63,0	88,9	87,1	85,7	83,7
Камфен	1,9	2,02	2,36	2,23	1,1	1,9	1,6	1,6
Мирицен	—	—	—	—	1,8	1,7	2,0	2,2
$\beta$ -пинен	3,0	3,2	3,01	2,87	—	1,6	—	2,3
$\Delta^3$ -карен	20,05	17,9	16,7	18,0	8,0	8,2	7,9	8,5
Дипентен	4,47	4,0	4,59	4,85	—	—	2,8	1,7
п-цимол	2,5	2,06	3,01	2,95	—	—	—	—
Терпинолен	3,5	3,43	2,58	2,72	—	—	—	—
$X_{II}$	1,5	3,29	3,11	3,29	—	—	—	—

$$K = \frac{C_{max}}{C_{эксп}}, \quad (2)$$

здесь  $C_{max}$  — максимальное извлечение летучих, которое может быть получено при увеличении концентрации щелочи до оптимальной величины для данной щепы;

$C_{эксп}$  — извлечение летучих при концентрации щелочи, используемой в эксперименте.

Таблица 3

Щепа	Концентрация щелочи, %	Поправочный коэффициент $K$	Точность поправочного коэффициента $\pm \varepsilon_K$
Из свежего пневого осмола	1	1,53	0,05
	2	1,07	0,07
	3	1,05	0,04
	4	1,00	0,00
Технологическая сосновая	1	1,47	0,07
	2	1,18	0,06
	3	1,00	0,00
Технологическая еловая	1	1,10	0,08
	2	1,00	0,00

Точность поправочного коэффициента определена по формуле (3).

$$\begin{aligned} \varepsilon_K &= \sqrt{\left(\frac{\partial K}{\partial C_{max}}\right)^2 \varepsilon_{C_{max}}^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial C_{эксп}}\right)^2 \varepsilon_{C_{эксп}}^2} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{C_{эксп}} \cdot \varepsilon_{C_{max}}^2 + \left(\frac{C_{max}}{C_{эксп}^2}\right)^2 \varepsilon_{C_{эксп}}^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Анализ щепы различного гранулометрического и породного состава показал (табл. 3), что при использовании 1%-ной щелочи выход летучих составляет 68—65% (для сосны и пневого осмола) от максимально возможного.

Таким образом, для практического применения целесообразно использовать 3—4%-ный или 2%-ный раствор щелочи с учетом поправочного коэффициента. Содержание летучих в щепе

$$C_k = \frac{V \cdot \gamma \cdot 100}{G} \cdot K, \quad (4)$$

где  $V$  — объем отогнанного скипидара, мл;  
 $\gamma$  — удельный вес скипидара;  
 $G$  — навеска щепы абс. сухой, г;  
 $K$  — поправочный коэффициент (взятый из табл. 3) в зависимости от концентрации раствора КОН.

В заключение следует отметить, что при работе предприятия на определенном виде сырья в каждом конкретном случае поправочный коэффициент может быть установлен экспериментально по изложенной в данной статье методике.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Алексеев Р. И., Коровин Ю. И. Руководство по вычислению и обработке результатов количественного анализа. М., Атомиздат, 1972, с. 72. [2]. Вершук В. И., Гурич Н. А. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. М., Гослесбумиздат, 1960, с. 86. [3]. Третьяков С. И., Головин А. И., Фейгус Э. И. Потери скипидара на установках непрерывной варки целлюлозы. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1974, № 2, с. 5—6. [4]. Ярослав Янко. Математическо-статистические таблицы. М., Госстатиздат, 1961, с. 243.

Поступила 4 мая 1975 г.

УДК 655.654.634.086

## ГИДРОКРЕКИНГ С БЕЗОСТАТОЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКОЙ СМОЛЯНЫХ ОТХОДОВ ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Э. Д. ЛЕВИН, А. В. РАЧИНСКИЙ, С. М. РЕПЯХ

Сибирский технологический институт

Разработаны условия безостаточной переработки и установлена активность алюмокобальтмолибденового катализатора в процессе гидрокрекинга суммарного масла смолы пиролиза и таллового пека.

В результате ранее проведенных работ [4], [5] по деструктивной гидрогенизации смоляных отходов лесохимических производств на промышленном алюмокобальтмолибденовом катализаторе установлено, что при оптимальном режиме за один проход через реактор выход углеводородов, выкипающих при 280°C из суммарного масла смолы пиролиза лигнина и таллового пека, составляет соответственно 41,6 и 53,5%. Выход тяжелой фракции, выкипающей выше 280°C (непревращенного остатка), достигает 20—25%. Использование этой фракции в качестве рисайкла открывает возможность полного превращения исходного сырья и повышения выхода легких углеводородов. Поэтому мы поставили цель разработать технологию и установить активность катализатора при безостаточной переработке сырья.

Наиболее рациональный практический метод полного химического превращения исходного сырья — проведение процесса с рециркуляцией непрореагировавшего остатка.

В исследуемом процессе непревращенным остатком (рециркулятом) считали фракцию катализата, кипящую выше 280°C. Поскольку степень превращения сырья за один проход через реактор весьма высока и достигает 80%, то рециркулят по составу и свойствам существ-

венно отличается от исходного сырья. Поэтому следует ожидать, что степени превращения рециркулята и исходного сырья различны.

В таком случае параметры установившегося состояния (когда в непрерывно действующую систему подается в единицу времени постоянное количество как сырья, так и рециркулята) можно определить только экспериментально. Для этого, согласно теории Нагиева [2], необходимо провести ряд последовательных опытов с постоянным количеством свежего сырья в смеси с рециркулятом, полученным от предыдущего опыта, до тех пор, пока не станут строго определенными и неизменными количественные и качественные показатели продуктов реакции.

Результаты опытов с рециркуляцией непревращенного остатка представлены в табл. I.

Таблица I

№ опытов	Состав питающей смеси, вес. ч.		Выход продуктов реакции, вес. ч.				
	Свежее сырье	Рециркулят	Отгон до 280°C	Остаток выше 280°C	Вода	Кокс	Газы
Суммарное масло							
1.1	100	—	43,5	21,8	—	—	—
1.2	100	21,0	45,9	28,1	—	—	—
1.3	100	28,1	48,3	29,8	—	—	—
1.4	100	29,8	49,7	32,1	—	—	—
1.5	100	32,1	51,9	32,3	—	—	—
1.6	100	32,3	51,5	32,1	18,0	4,2	28,5
1.7	100	32,1	50,1	31,5	19,1	4,7	29,7
1.8	100	31,5	51,0	32,0	17,3	5,0	28,7
1.9	100	32,0	51,7	32,8	18,5	4,0	27,1
1.10	100	32,8	50,8	32,5	19,6	5,1	27,2
Среднее	100	32,1	51,0	32,2	18,5	4,6	28,2
Талловый пек							
2.1	100	—	52,5	24,7	—	—	—
2.2	100	24,7	64,6	35,6	—	—	—
2.3	100	35,6	70,1	40,2	—	—	—
2.4	100	40,2	72,8	43,2	—	—	—
2.5	100	43,2	74,1	43,7	—	—	—
2.6	100	43,7	74,2	44,2	—	4,2	23,8
2.7	100	44,2	75,3	44,3	—	4,9	23,1
2.8	100	44,3	75,0	44,6	—	3,9	24,4
2.9	100	44,6	75,7	44,3	—	3,8	23,5
Среднее	100	44,2	75,1	44,5	—	4,2	23,7

Гидрокрекинг осуществляли при оптимальном режиме [4], [5] (температура 470—480°C, давление водорода 40—45 ати, объемная скорость 0,8—1,2 ч<sup>-1</sup>) на установке проточного типа [3] с полезным объемом реактора 0,5 л.

Как видно из данных табл. I, выходы отгона до 280°C и кубового остатка становятся практически постоянными уже после 4-го опыта.

Коэффициент рециркуляции при установившемся состоянии

$$K_R = \frac{g_n}{g_0},$$

где  $g_n$  — количество сырья с рециркулятом, поступающее на питание реактора, вес. ч.;

$g_0$  — количество свежего сырья в питающей смеси, вес. ч.

В расчетную формулу подставляли средние значения из опытов 1.6—1.10 и 2.6—2.9. Коэффициенты рециркуляции для суммарного масла и таллового пека соответст-

венно равны 1,322 и 1,443. При этом выход целевого продукта достигает 51,0 и 75,1%, коксоотложений — 4,6 и 4,2%.

Результаты опытов показывают, что процесс деструктивной гидрогенизации неизбежно сопровождается коксообразованием. Для исследования интенсивности коксоотложений во времени проведена серия опытов продолжительностью от 1,5 до 12 ч с интервалом 1,5 ч. По средним результатам построена зависимость выхода коксоотложений от продолжительности опыта (рис. 1) при гидрокрекинге суммарного масла (*I*) и таллового пека (*II*). Как видно из этого рисунка, количество коксоотложений в первоначальный период особенно велико и достигает 6—7%. Далее интенсивность коксообразования уменьшается и становится практически постоянной по истечении 4,5 ч.

Полученные результаты полностью согласуются с литературными данными [1], [7].

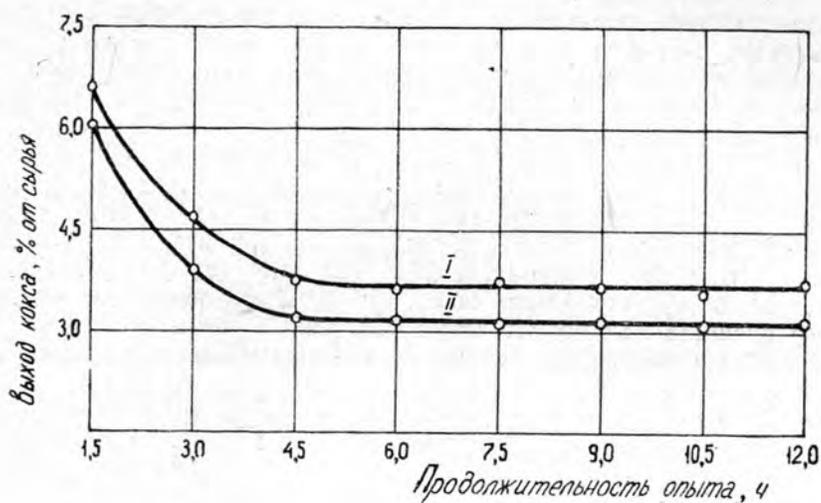


Рис. 1.

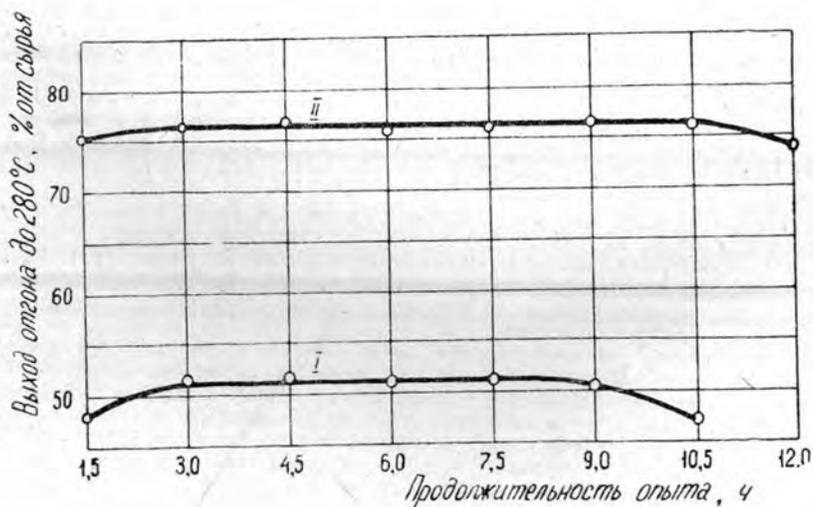


Рис. 2.

Итак, гидрокрекинг суммарного масла и таллового пека сопровождается заметным выходом коксоотложений. Столь интенсивное протекание реакций уплотнения вынуждает в производственных условиях проводить процесс по сменно-циклическому графику. Для установления продолжительности рабочего цикла проделаны опыты (с рециркуляцией кубового остатка), в которых катализат отбирали через каждые 1,5 ч. Активность катализатора оценивали по выходу фракции, выкипающей до 280°C. Зависимость активности катализатора от продолжительности рабочего цикла при гидрокрекинге суммарного масла (I) и таллового пека (II) показана на рис. 2. Из полученных результатов следует, что заметное снижение активности катализатора проявляется через 9—10 ч работы.

К весьма важным показателям, определяющим экономичность процесса гидрокрекинга, относится срок службы катализатора. Этот показатель зависит во многом от числа окисленных регенераций, в результате которых происходит нарушение первоначальной структуры, дезактивация, спекание и разрушение катализатора. Поэтому оценить возможность промышленного использования предлагаемого процесса можно лишь после установления продолжительности сохранения активных свойств катализатора.

С этой целью проведена большая серия опытов на одной загрузке катализатора общей продолжительностью 850 ч для суммарного масла и 760 ч для таллового пека. Регенерацию катализатора осуществляли после 8—10 ч работы непосредственно в реакторе путем продувания воздуха при температуре 400—450°C. Конец регенерации оценивали по составу отходящего газа. При этом активность катализатора и его внешний вид по истечении указанного срока остались практически неизменными. Содержание мелочи размером менее 3 мм возросло с 5 до 7%, механическая прочность упала с 5,3 до 4,6—4,9 кгс/таб. Сопоставляя полученные результаты с литературными данными по гидрокрекингу коксохимических смол [6], принимаем, что общая продолжительность работы катализатора равна 1000 ч.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Баландин А. А., Зелинский Н. Д. — ЖПХ, 1942, 15, № 3, с. 128. [2]. Нагиев М. Ф. Учение о рециркуляционных процессах в химической технологии. М., 1958. [3]. Рачинский А. В., Репях С. М. — «Лесохимия и подсочка», 1971, № 11, с. 13—14. [4]. Рачинский А. В., Левин Э. Д. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 1, с. 111—113. [5]. Репях С. М., Левин Э. Д. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4, с. 106—108. [6]. Эльберт Э. И., Коцобашвили Я. Р., Ревва М. К. Комплексное использование химических продуктов подземной газификации кузнецких углей, вып. 3. Кемерово, 1968, с. 66—78. [7]. Эльберт Э. И., Коцобашвили Я. Р. Переработка твердого топлива, 2. Новокузнецк, 1970 с. 99—110.

Поступила 19 июня 1975 г.

УДК 634.0.813

## РАЗРУШЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АРБОРИЦИДОВ

Л. М. КИРПИЧЕВА, М. И. ЧУДАКОВ, Г. П. САННИКОВ

Ленинградский технологический институт ЦБП  
Северный НИИ гидротехники и мелиорации

Показано, что древесина лиственных пород, отмершая после обработки арборицидами, подвергается воздействию доразрушающих грибов преимущественно коррозионно-деструктивного типа, что приводит к изменению ее химического состава.

В нашей стране и за рубежом ведутся интенсивные разработки технологии получения целлюлозы из древесины лиственных пород. Увеличение потребления древесины этих пород обусловлено не только необходимостью изыскания и расширения сырьевых ресурсов для целлюлозно-бумажной промышленности, но и рядом свойств волокнистых материалов из лиственной древесины, положительно влияющих на качество искусственных волокон, бумаги и картона.

Применение арборицидов при расчистке сельскохозяйственных угодий от лесокустарника повышает качество и снижает стоимость мелиоративных работ [4]. Предварительная вырубка и утилизация товарной древесины на вновь осваиваемых землях не только снижают срок окупаемости капитальных вложений на проведение мелиорации, но и облегчают применение химических мер уничтожения лесокустарниковой растительности. Однако во многих случаях на площадях, подлежащих мелиорации, затоплению, застройке, вырубку древостоев по тем или иным причинам нельзя полностью завершить до начала химической обработки. В связи с этим возникла необходимость исследовать возможность использования лиственной древесины после обработки арборицидами.

С этой целью в Ленинградской и Новгородской областях была проведена обработка лесных делянок гранулированным почвенным арборицидом общестребительного действия тордоном 10К (калиевая соль 4-амино-3, 5, 6-трихлорпиколиновой кислоты) в дозах 10—15 кг на 1 га действующего начала. Для исследования отбирали только полностью отмершие деревья. Чтобы составить среднюю пробу, из каждой породы древесины после обработки арборицидами брали 5 образцов определенного срока ожидания.

Химический состав древесины березы и осины определяли через 3, 12, 15, 24, 27 и 41 месяц после внесения препарата, а ольхи — через 24, 27 и 41 месяц. Изучали также химический состав необработанных (контрольных) образцов древесины.

Из литературных данных известно, что арборициды сами по себе не влияют на химический состав древесины, но, оказывая влияние на водопроводящую систему дерева, вызывают его усыхание. Отмершее дерево, в свою очередь, подвергается естественному распаду под воздействием различных видов микроорганизмов. Считается, что древесина, обработанная арборицидами, легче поддается гниению [5].

Из доразрушающих грибов на отмерших деревьях наиболее характерным является ложный трутовик. Вызываемая им гниль относится к коррозионно-деструктивному типу [1], [3]. Е. В. Гончарова определила четыре стадии разрушения клеточных стенок ложным трутовиком [2]. Первоначально гниению подвергаются сердцевинные лучи и примыкающие к ним волокна и сосуды. Разрушение клеточных стенок начинается со вторичных оболочек. Вначале происходит отслаивание внутренней части вторичной стенки ближе к полости. В последней IV стадии остаются только срединные пластинки — наиболее устойчивая часть клеточной стенки [2], [3].

Данные об изменении химического состава древесины лиственных пород, обработанной арборицидами, в зависимости от срока ожидания приведены в табл. 1. Сравнение химического состава исследуемых образцов с составом контрольных показало, что в химическом составе контрольных образцов осины и березы, обработанных арборицидами со сроком ожидания 3, 12 и 15 месяцев, существенного различия не имеется.

Таблица 1

Порода древесины	Срок ожидания, месяцев	Содержание, %					
		целлюлозы	лигнина	пентозанов	смола и жиров	веществ, растворимых	
						в горячей воде	в холодной воде
Береза	3	43,4	21,8	24,8	1,30	2,10	1,54
	12	43,4	21,3	24,2	1,20	2,20	1,49
	15	44,3	20,8	23,0	1,38	2,10	1,40
	24	44,2	20,6	22,0	1,40	3,34	3,30
	27	46,6	21,3	23,5	1,01	2,60	1,22
	41	41,7	22,3	27,3	1,40	12,60	7,08
Контроль		44,7	20,7	25,0	1,36	2,10	1,05
Осина	3	48,8	19,9	19,3	1,15	2,50	1,60
	12	49,6	19,9	19,5	1,05	2,37	1,70
	15	49,3	19,7	19,0	1,04	2,30	1,10
	24	48,7	18,0	23,1	1,98	2,47	2,20
	27	50,7	18,9	21,7	1,32	1,80	1,20
	41	48,9	19,6	25,8	1,06	5,30	3,20
Контроль		49,3	19,3	22,0	1,29	2,60	1,03
Ольха	24	44,0	25,7	21,7	1,77	2,45	1,62
	27	44,0	25,1	20,4	1,30	3,80	1,80
	41	43,7	25,3	27,7	1,38	8,00	3,70
Контроль		44,9	23,9	21,8	1,41	1,92	1,51

Это, по-видимому, объясняется тем, что воздействие микроорганизмов на древесину на данном этапе не затрагивает в заметной степени ее основных компонентов. Подтверждением служит установленное исследованиями, проведенными с аналогичными образцами в ЛТА, постоянство удельного веса и физико-механических свойств у древесины осины и незначительное снижение этих показателей у древесины березы со сроком ожидания после обработки до 15 месяцев (через два вегетационных периода после обработки арборицидами) [4], [5]. Некоторое уменьшение содержания пентозанов в древесине по сравнению с контрольными образцами, вероятно, можно объяснить тем, что на I стадии гниения иногда наблюдается отслоение третичного слоя клеточной стенки, содержащего большое количество гемицеллюлоз.

Изменения, происходящие в древесине на I стадии гниения, не сказываются на ее поведении при последующей химической обработке, и древесину можно без ограничения использовать для получения целлюлозы по режимам, применяемым для здорового сырья.

Увеличение срока ожидания после обработки до 24—27 месяцев вызвало заметные изменения в составе древесины ольхи, березы и в меньшей степени — осины, что указывает на повышенную биологическую стойкость осины по сравнению с березой и, особенно, ольхой. Наблюдаемые изменения в химическом составе древесины — некоторое увеличение содержания растворимых в воде веществ и повышение содержания лигнина — характерны для II стадии гниения древесины.

Можно предположить, что повышенное содержание в древесине веществ, растворимых в холодной и горячей воде, по сравнению с контрольными образцами не должно вызвать затруднений при дальнейшей переработке. Применение предварительного водного гидролиза перед сульфатной варкой позволит удалить большую часть этих веществ и тем самым даст возможность избежать увеличения расхода щелочи на варку за счет реакций с водорастворимыми веществами. С другой стороны, повышенное содержание лигнина в исследуемых образцах по сравнению с контрольными, возможно, приведет к увеличению расхода щелочи при варках до постоянной жесткости. Следовательно, можно предположить, что для получения целлюлозы из древесины, пораженной гнилью на II стадии гниения, необходимо корректировать режимы, применяемые для варки здоровой древесины.

Древесина, обработанная арборицидами со сроком ожидания 41 месяц, значительно отличается по своему химическому составу от контрольных образцов: резко возросло количество веществ, растворимых в холодной и горячей воде, заметно увеличилось содержание в древесине лигнина и пентозанов, тогда как количество целлюлозы несколько уменьшилось. Эти изменения характерны для начала III стадии гниения. Наличие такой гнили значительно снижает выход продуктов делигнификации и требует повышенного расхода щелочи при варках до одинаковой жесткости по сравнению с контрольными образцами. Кроме того, следует, несомненно, ожидать снижения прочностных свойств целлюлозы, уменьшения ее средней степени полимеризации и вязкости ее растворов. Поэтому возможности использования древесины, содержащей гниль III стадии, в целлюлозно-бумажной промышленности ограничены.

Из всего сказанного ясно, что при использовании древесины, обработанной арборицидами с различным сроком ожидания, необходимо корректировать режимы варки в зависимости от степени гниения древесины, чтобы получить продукты делигнификации требуемой степени провара.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ванин С. И. Лесная фитопатология, 1948. [2]. Гончарова Е. В. — Труды ЦНИИБа, вып. 3, 1968. [3]. Горшин С. И., Крапивина И. Г. — Научные труды ЦНИИМОДа, 6, 21, 1967. [4]. Полубояринов О. И., Некрасова Г. Н., Санников Г. П. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 3, с. 18—22. [5]. Санников Г. П., Некрасова Г. Н., Полубояринов О. И. — «Химия в сельском хозяйстве», 1972, № 7, с. 58—61.

Поступила 25 мая 1973 г.

УДК 674.031/032 : 543

## О ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ И ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТАВДИНСКОГО ЦБК

Ю. Н. НЕПЕНИН, А. Д. БУЕВСКАЯ, М. Я. ГАШКОВА,  
А. Г. МОШКАЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия, ЛенНИИЛХ

Показано, что наличие ложного ядра в березовой древесине отражается на ее химическом составе. Кренивая древесина хвойных пород имеет свои особенности по макроструктуре и химическому составу.

В связи с предстоящим строительством Тавдинского ЦБК была исследована древесина лесосырьевой базы этого комбината, расположенной на территории Свердловской и Тюменской областей. Образцы взяты в январе — феврале 1971 г. на основе инструкции, составленной ЛенНИИЛХом при консультациях ЛТА, Гипробума и Гипролестранса по усредненным таксационным показателям насаждений сырьевой базы. Было отобрано 304 образца с 16 пробных площадей, заложенных в лесонасаждениях Тавдинского, Куминского и Кондинского лесхозов (юг, центр и север базы). Однометровые образцы выпиливали из комлевой, средней и вершинной частей ствола.

### Методика исследований\*

Из образцов древесины сосны, кедра, ели, пихты, березы и осины выпиливали шайбы толщиной 20—30 мм. Замеряли диаметры шайб в коре и без коры, ядра, спелой древесины (у ели, пихты), ложного ядра (у березы, осины) в двух перпендикулярных направлениях с расчетом средних величин. Одновременно замеряли и описывали пороки. По полученным данным вычисляли товарность древесины, объем коры, заболони, ядра (ложного ядра и спелой древесины), гнили в процентах от объема окоренной древесины.

Для определения плотности древесины из каждой шайбы выкалывали 8 образцов: четыре из заболони и четыре из центральной части ствола (ядра, ложного ядра, спелой древесины) по двум перпендикулярным диаметрам. При наличии гнили дополнительно отбирали образцы пораженной древесины. Плотность вычисляли по ГОСТу 16483.1—70 (дополнительный метод)

$$\rho_{\text{усл}} = \frac{m_0}{V_{\text{max}}} \text{ кг/м}^3,$$

где  $m_0$  — вес древесины в абс. сухом состоянии, кг;

$V_{\text{max}}$  — максимальный объем древесины (при влажности выше 30%), м<sup>3</sup>.

Объем образцов определяли с помощью ртутного объемметра. Среднюю плотность вычисляли как средневзвешенное по соотношению объемов заболони, ядра, гнили и определяли как среднеарифметическое из четырех определений для ядра и заболони и из двух — для гнили. Ширину годичных слоев вычисляли отдельно для заболони и ядра, а среднее значение определяли как средневзвешенное по соотношению диаметров.

Для проведения химического анализа составляли среднюю пробу: из середины каждого образца одного и того же дерева вырезали шайбу толщиной 20 мм; все шайбы после окорки превращали в щепу, затем в опилки.

Содержание целлюлозы определяли по Кюршнеру и Хофферу, лигнина — по Кеннгу в модификации Комарова, пентозанов — по ГОСТу 10820—64, смол и жиров — путем

\* В работе принимали участие В. А. Жалина, Г. Н. Горбачева, В. Н. Крылов, М. Г. Смирнова, Н. М. Ганичева, Н. В. Ватинцева.

экстракции древесины спирто-бензольной смесью (1:2), вычисляли также количество родоэкстрактивных веществ (извлекаемых горячей водой в течение 3 ч.) и золы.

### Обсуждение результатов

Средние таксационные показатели образцов соответствуют усредненным таксационным данным по лесосырьевой базе и запроектированным условиям поставок на Тавдинский ЦБК. Средний диаметр модельных деревьев 20—28 см (табл. 1). Содержание коры колебалось от 8% для сосны до 15% для березы. Наиболее часто встречающийся порок осины и березы — ложное ядро, отмеченное у 85% модельных образцов осины и у 54% образцов березы. Для осины отмечен также наибольший процент гнили — 12,2% от общего объема древесины. У остальных пород гниль занимает менее 5% от общего объема древесины. Древесина хвойных пород поражена пестрой ядровой гнилью; лишь в двух случаях отмечена наружная раневая гниль. На древесине березы отмечена преимущественно белая коррозивно-деструктивная гниль, реже встречается бурая деструктивная гниль. Белая коррозивно-деструктивная гниль осины вызвана, в основном, ложным осиновым трутовиком.

Таблица 1

Средние таксационные показатели насаждений, представленных исследуемыми образцами по породам

Порода	Возраст, лет,		Средняя высота ствола, м	Средний диаметр на высоте груди, см	Полнота	Класс бонитета
	от—до	средний				
Береза	60—130	93	18	20	0,5—0,7	III—V
Осина	52—160	69	20	25	0,5—0,7	II—IV
Ель	129—182	146	19	24	0,5—0,7	III—V
Сосна	128—180	158	17	28	0,5—0,6	IV—Va
Пихта	—	133	19	22	0,5—0,7	III—V
Кедр	135—207	156	18	27	0,5—0,7	III—Va

В древесине хвойных пород часто встречается крень. Этот порок не относится к сортообразующим, но в больших количествах может вызвать некоторые затруднения при варке целлюлозы. Креневая древесина отличается от нормальной по твердости, плотности и величине усушки. Плотность крени на 15—40% выше, чем нормальной древесины. Встречаемость крени указана в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Процент поражения образцов	Объемный процент крени	
		в пораженных образцах	в пересчете на всю древесину
Сосна	17	3,0	0,5
Кедр	73	7,2	1,2
Ель	57	13,2	7,6
Пихта	67	5,8	3,8

Данные об условной плотности — важнейшем показателе при расчете норм выхода целлюлозы — отдельно для заболони, ядра (спелой древесины) и гнили приведены в табл. 3.

В табл. 4 приведены средние значения условной плотности древесины шести пород лесосырьевой базы Тавдинского ЦБК, полученные

Порода	Товарность	Условная			
		Заболонь			
		<i>n</i>	$M \pm m$	<i>p</i>	<i>v</i>
Сосна	Балансы	34	380 ± 11,1	2,9	17,0
	Технологические дрова	6	373 ± 11,4	4,7	11,4
	Средняя		378		
Кедр	Балансы	15	381 ± 5,4	1,4	5,4
	Технологические дрова	—	—	—	—
	Средняя		381		
Ель	Балансы	43	371 ± 5,7	1,5	10,1
	Технологические дрова	4	398 ± 25,9	6,5	13,0
	Средняя		373		
Пихта	Балансы	8	358	—	—
	Технологические дрова	4	367	—	—
	Средняя	12	361 ± 7,7	2,1	7,4
Береза	Балансы	102	503 ± 4,3	0,9	8,7
	Технологические дрова	16	509 ± 14,1	2,8	11,0
	Средняя	—	—	—	—
Осина	Балансы	20	403 ± 8,7	2,2	9,7
	Технологические дрова	25	412 ± 9,9	2,4	12,0
	Средняя		408		

Примечание. *n* — количество образцов; *M* — средняя арифметическая величина; коэффициент вариации, %.

в результате исследований, в сопоставлении с данными, приведенными в РТМ\* для различных районов произрастания. Полученные нами

Таблица 4

Порода	Условная плотность древесины, кг/м³						
	по Тавдинскому ЦБК				по РТМ		
	Балансы	Технологические дрова	Средневзвешенное		в европейской части СССР	на Урале	в Западной Сибири
			по образцам	по соотношению балансов и технологических дров			
Сосна	383	360	380	380	—	419	380
Кедр	396	—	396	—	—	—	348
Ель	370	388	372	371	380	348	308
Пихта	350	340	346	349	—	308	285
Береза	505	469	500	486	480	503	503
Осина	398	388	393	396	388	—	—

Примечание. В РТМ дана плотность древесины  $\rho_{15}$  при 15%-ной влажности. Для перевода в условную плотность  $\rho_{усл}$  мы использовали формулы:  $\rho_{усл} = 0,774 \rho_{15}$  для березы;  $\rho_{усл} = 0,791 \rho_{15}$  для всех остальных пород.

\* Руководящие технические материалы Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. Древесина. Показатели физико-механических свойств. М., Изд. Госкомитета стандартов, 1962.

Таблица 3

плотность $\rho_{\text{уд}}$ , кг/м <sup>3</sup>							
Ядро				Гниль			
$n$	$M \pm m$	$p$	$v$	$n$	$M \pm m$	$p$	$v$
35	$378 \pm 10,9$	2,8	16,7	—	—	—	—
3	$352 \pm 20,5$ 384	5,8	10,1	3	$344 \pm 22,3$	6,5	11,2
15	$412 \pm 9,9$	2,4	9,3	—	—	—	—
—	412	—	—	—	—	—	—
44	$370 \pm 5,8$	1,5	10,5	—	—	—	—
2	392 371	—	—	4	$373 \pm 2,59$	6,5	13,0
8	$331 \pm 13,5$	4,1	11,5	—	—	—	—
—	—	—	—	4	$328 \pm 8,8$	2,7	5,3
—	—	—	—	—	—	—	—
37	$528 \pm 6,3$	1,2	7,2	—	—	—	—
6	$521 \pm 19,3$ 527	3,7	9,1	11	$368 \pm 20,6$	5,6	18,5
—	—	—	—	—	—	—	—
21	$390 \pm 13,6$	3,5	16,0	1	—	—	—
15	$385 \pm 11,9$ 388	3,1	11,9	16	$332 \pm 18,4$	5,5	22,2

$m$  — средняя ошибка среднего арифметического;  $p$  — показатель точности, %;  $v$  — значения плотности древесины ели, пихты и кедра несколько выше, чем указанные в РТМ, что можно объяснить значительным содержанием креновой древесины в исследованных образцах.

Таблица 5

Порода древесины	Содержание, % от веса древесины,					
	целлюлозы	лигнина	пентозанов	смолы и жиров	водоэкстрактивных веществ	зола
Сосна	$\frac{47,65}{44,1-50,6}$	$\frac{26,32}{24,4-29,3}$	$\frac{8,54}{7,1-10,2}$	$\frac{5,51}{3,3-9,6}$	$\frac{3,40}{1,8-12,4}$	$\frac{0,25}{0,21-0,43}$
Ель	$\frac{51,6}{48,4-54,5}$	$\frac{27,50}{26,1-32,0}$	$\frac{8,14}{7,2-8,8}$	$\frac{2,44}{1,9-3,4}$	$\frac{2,0}{1,1-3,7}$	$\frac{0,25}{0,19-0,32}$
Пихта	$\frac{49,16}{47,7-50,6}$	$\frac{30,0}{29,4-30,5}$	$\frac{7,50}{7,3-7,7}$	$\frac{2,60}{2,4-2,9}$	$\frac{3,29}{2,8-4,0}$	$\frac{0,55}{0,45-0,65}$
Кедр	$\frac{45,28}{41,1-48,5}$	$\frac{25,25}{22,9-29,5}$	$\frac{7,92}{7,4-8,4}$	$\frac{6,50}{4,8-9,4}$	$\frac{7,57}{4,6-10,6}$	$\frac{0,22}{0,19-0,25}$
Береза	$\frac{47,17}{40,8-50,6}$	$\frac{20,76}{18,5-24,6}$	$\frac{23,94}{21,2-26,6}$	$\frac{4,60}{2,7-9,5}$	$\frac{2,50}{1,3-5,2}$	$\frac{0,38}{0,22-1,39}$
Осина	$\frac{52,0}{49,3-54,5}$	$\frac{19,0}{17,0-20,9}$	$\frac{19,1}{17,8-21,1}$	$\frac{4,16}{3,3-6,3}$	$\frac{2,79}{1,9-5,2}$	$\frac{0,40}{0,28-0,59}$

Примечание. В числителе средние данные; в знаменателе — пределы колебаний.

В табл. 5 представлены средние данные по химическому составу древесины исследуемых пород (балансы) и указаны пределы колебаний в содержании отдельных компонентов. На основании приведенных данных можно отметить, что химический состав одной и той же породы колеблется в довольно широких пределах. Эти колебания можно объяснить не только условиями произрастания отдельного дерева, но и наличием креновой древесины у сосны, ели, кедра, пихты и ложного ядра в древесине березы и осины.

Характерная особенность древесины сосны Тавдинской базы — пониженное содержание целлюлозы (47,6%), по сравнению с опубликованными в литературе данными [2], и большое количество спиртобензольной смолы (5,5%).

Древесина кедра по химическому составу ближе всего стоит к древесине сосны, однако содержит меньше целлюлозы (примерно на 2,4%), меньше лигнина (в среднем на 1%) и больше водозэкстрактивных веществ (в среднем 7,5%), а также смолы и жиров (6,5%). По содержанию целлюлозы и лигнина древесина кедра, произрастающего в Тавдинской лесосырьевой базе, близко подходит к корейскому кедру Дальнего Востока [4].

Еловая древесина Тавдинской лесосырьевой базы по своему химическому составу незначительно отличается от древесины Сибири, Урала, Ленинградской области.

Особенностью древесины пихты по сравнению с другими породами является повышенное содержание лигнина (в среднем 30%). В то же время количество целлюлозы в пихтовой древесине на 1,5% выше, чем в сосне, и на 2,5% ниже, чем у ели. Содержание смолы такое же, как у ели (2,44%), а количество водозэкстрактивных веществ в среднем больше на 1,3%.

Древесина березы Тавдинской базы в отличие от той же древесины Сибири, Урала (по литературным данным) содержит несколько

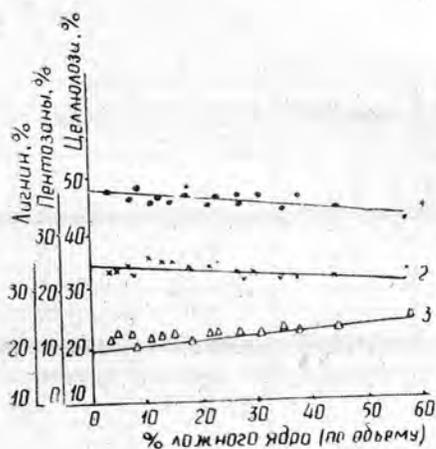


Рис. 1. Изменение химического состава древесины березы в зависимости от содержания в ней ложного ядра.

1 — целлюлоза; 2 — пентозаны; 3 — лигнин.

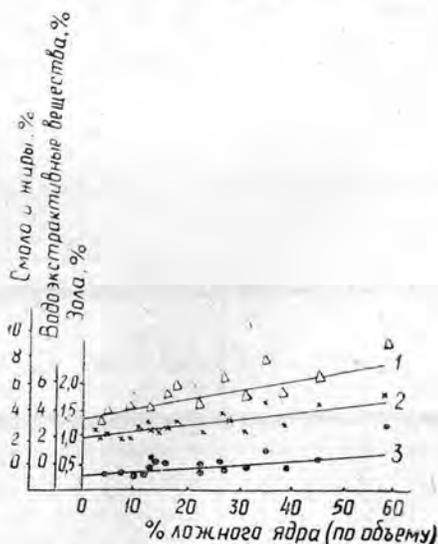


Рис. 2. Изменение химического состава древесины березы в зависимости от содержания в ней ложного ядра.

1 — смола и жиры; 2 — водозэкстрактивные вещества; 3 — зола.

Таблица 6

Порода древесины	Характеристика древесины	Содержание, % от веса древесины,						Возраст, лет	Плотность, кг/м³
		целлюлозы	лигнина	пентозанов	смолы и жиров	водоэкстрактивных веществ	зола		
Ель	Без крени	52,2	26,9	8,17	2,41	1,92	0,25	146	376
•	С кренью (средние данные)	51,0	28,1	8,12	2,46	2,08	0,25	146	372
•	Сплошная крень 25%	47,5	29,7	8,03	1,94	1,89	0,23	128	388
•	Сплошная крень 70%	48,3	32,0	8,37	2,19	2,24	0,25	162	438
Сосна	Без крени	47,7	26,2	8,68	5,40	3,54	0,29	155	375
•	С кренью	47,8	27,1	7,78	6,34	2,61	0,27	155	391
Кедр	Без крени	46,7	24,1	7,75	6,0	8,42	0,21	154	385
•	С кренью	44,6	25,8	8,00	6,72	7,11	0,22	157	402
Пихта	•	49,2	30,0	7,5	2,6	3,29	0,55	133	350

Таблица 7

Порода древесины	n	Содержание, % от веса древесины,											
		целлюлозы		лигнина		пентозанов		смолы и жиров		водоэкстрактивных веществ		зола	
		M±m	v	M±m	v	M±m	v	M±m	v	M±m	v	M±m	v
Сосна	25	47,65 ± 0,38	3,9	26,32 ± 0,38	4,1	8,54 ± 0,16	9,2	5,51 ± 0,27	24,5	3,4 ± 0,40	59,1	0,25 ± 0,01	24,5
	5	46,4 ± 1,11	5,4	26,9 ± 1,22	10,1	7,28 ± 0,27	8,3	8,17 ± 1,53	41,8	3,91 ± 0,74	42,5	0,23 ± 0,01	14,9
Ель	27	51,60 ± 0,31	3,2	27,5 ± 0,26	5,0	8,14 ± 0,08	5,0	2,44 ± 0,08	18,1	2,0 ± 0,13	33,4	0,25 ± 0,01	—
	3	50,43 ± 0,92	3,2	29,0 ± 0,70	4,2	8,14 ± 0,63	13,3	2,96 ± 0,27	16,0	2,56 ± 0,40	27,1	0,39 ± 0,06	25,6
Пихта	4	49,16 ± 0,72	2,9	30,0 ± 0,24	1,6	7,51 ± 0,13	3,4	2,60 ± 0,11	8,9	3,29 ± 0,30	18,5	0,55 ± 0,04	14,8
	2	49,25 ± 0,72	2,1	30,1 ± 0,26	1,2	7,12 ± 0,53	10,6	2,49 ± 0,10	5,7	3,67 ± 1,17	45,0	0,84 ± 0,10	16,8
Кедр	12	45,28 ± 0,59	0,4	25,25 ± 0,53	0,7	7,92 ± 0,09	4,0	6,5 ± 0,45	23,8	7,57 ± 0,53	24,5	0,22 ± 0,01	—
Береза	38	47,17 ± 0,31	4,1	20,76 ± 0,22	6,6	23,94 ± 0,24	6,3	4,6 ± 0,24	31,75	2,50 ± 0,15	36,4	0,38 ± 0,05	—
	10	46,63 ± 0,88	5,9	21,81 ± 0,43	6,3	23,66 ± 0,28	3,8	4,83 ± 0,32	20,9	2,97 ± 0,40	42,6	0,62 ± 0,09	46,6
Осина	8	52,0 ± 0,67	3,7	19,0 ± 0,41	6,1	19,1 ± 0,40	5,9	4,16 ± 0,35	23,62	2,79 ± 0,36	36,3	0,40 ± 0,03	23,1
	18	52,47 ± 0,27	2,3	18,67 ± 0,23	5,2	18,82 ± 0,20	4,4	3,87 ± 0,15	16,4	2,48 ± 0,12	20,2	0,48 ± 0,03	33,5

Примечание. В числителе данные для балансовой древесины; в знаменателе — для технологических дров.

больше веществ, экстрагируемых органическими растворителями, и несколько меньше целлюлозы (в среднем 47,2%).

Древесина осины [3] имеет более высокое содержание целлюлозы (в среднем 52%), чем береза, и несколько меньшее количество лигнина (в среднем 19,0%).

Исследования показали, что наличие ложного ядра в березовой древесине отражается на ее химическом составе. Как видно из рис. 1 и 2, с увеличением доли ложного ядра в древесине понижается содержание целлюлозы, повышается количество лигнина, смолы, водозэкстрактивных веществ, золы.

Креневая древесина, по литературным данным [1], имеет свои особенности по макроструктуре и химическому составу. Из табл. 6 видно, что полученные данные подтверждают литературные сведения: креневая древесина по сравнению с обычной содержит меньше целлюлозы, больше лигнина, имеет большую плотность.

Тавдинскому ЦБК будет поставляться как здоровая балансовая древесина, так и технологические дрова. В табл. 7 приведены сводные данные химического состава балансовой древесины и технологических дров.

Как показали исследования и сообщено в специальной литературе, дровяная листовая древесина, пораженная грибами белой или бурой гнили, а также хвойная, пораженная пестрой гнилью, содержит меньше целлюлозы, больше лигнина, смолы, водозэкстрактивных веществ, имеет меньшую плотность.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. Изд. АН СССР, 1962, с. 29—34. 12. Пономарев А. Н. О химическом составе древесины березы, осины, сосны и ели Урала. — Труды Уральского лесотехнического института, 1958, вып. 12, с. 47. 13. Хуторщиков И. С. О физических свойствах и химическом составе древесины Сибири. — Труды Лесотехнической академии им. С. М. Кирова, 1960, вып. 85, с. 35. 14. Шарков В. И., Собоцкий С. В. Химический состав древесины некоторых древесных пород СССР. «Лесохимическая промышленность», 1940, № 8, с. 17. О химическом составе древесины. — ЖПХ, 1948, 21, 659.

Поступила 26 октября 1973 г.

УДК 676.2:19.023.7

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОКЛЕЙКИ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО КАРТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ГЖХ

В. Л. КОЛЕСНИКОВ, Г. С. ГРИДЮШКО, А. В. КУРЛОВИЧ,  
П. Ф. БЕЛОГУРОВ

Белорусский технологический институт

Для решения задачи оптимизации процесса проклейки водонепроницаемого картона использован метод пиролитической ГЖХ, математический аппарат обработки планов Шеффе и функция предпочтительности. Найдено оптимальное соотношение компонентов проклеивающей смеси для производства водонепроницаемого картона.

Оптимизацию технологических параметров следует проводить и в лабораторных, и в производственных условиях.

Нами был применен метод симплекс-решетчатого планирования эксперимента. Непосредственно в производственных условиях Пуховичской картонной фабрики получали партии картона обивочного во-

Таблица 1

Шифр узловой точки симплекса	Состав проклеивающей смеси		
	Доля церезина $X_1$	Доля латекса СКС-65 ГП $X_2$	Доля жидкого стекла $X_3$
111	1	0	0
112	0,67	0,33	0
122	0,33	0,67	0
222	0	1	0
223	0	0,67	0,33
233	0	0,33	0,67
333	0	0	1
113	0,67	0	0,33
133	0,33	0	0,67
123	0,33	0,33	0,33

достойного марки ВО по условиям узловых точек решетки симплекса, представленных матрицей планирования (табл. 1). Каждая строка матрицы соответствует определенному соотношению компонентов в смеси. Сумма долей компонентов для каждой точки матрицы равна единице, что соответствует 70 кг/т от абс. сухого волокна.

В качестве волокнистого материала применяли композицию из 20% небеленой сульфатной целлюлозы Соломбальского ЦБК и 80% макулатуры тринадцатой сборки. Степень размола массы составляла 40° ШР. Проклейку производили в бассейне при концентрации массы 3,5% по периодическому способу. Первый компонент проклеивающей смеси — церезин. Церезиновую эмульсию готовили в минерально-клеяном отделе фабрики; в качестве эмульгаторов использовали олеат и казеинат натрия с суммарным расходом 18% от веса церезина. Второй компонент — товарный каучуковый латекс СКС-65ГП. Для обеспечения равномерного распределения и фиксации на волокнах частиц проклеивающих веществ применяли раствор силиката натрия (жидкое стекло).

Расход коагулянта (технического сульфата алюминия) составлял 60—70 кг/т волокна, что обеспечивало при проклейке рН-4,5. Режимы отлива, прессования и сушки картона приняты обычными для условий Пуховичской картонной фабрики.

В качестве выходных параметров были выбраны следующие показатели:  $y_1$  — водопоглощение (%);  $y_2$  — затраты на проклейку 1 т картона (руб.);  $y_3$  — степень удержания каучукового вещества растительными волокнами (%);  $y_4$  — степень удержания церезина (%);  $y_5$  — степень удержания жидкого стекла (%).

Степень удержания каучука и церезина рассчитывали по данным хроматографического анализа.

Анализ исследуемых образцов проводили на отечественном хроматографе марки ЛХМ-7а с пламенно-ионизационным детектором. Оптимальные условия пиролиза: температура 800°C; время пиролиза 20 с; расход газа-носителя 35 мл/мин.

Хроматографирование продуктов пиролиза исследуемых материалов осуществляли на колонке (400×0,4 см) с 20% смеси апиезона L и полиэтиленгликоля 15000 в соотношении 1:1 на хромосорбе Р (80—100 меш.). Для повышения эффективности разделения анализируемой смеси применяли технику программированного повышения температуры колонки от 60 до 180°C со скоростью программирования 4 град/мин. На рис. 1 приведены пирограммы водонепроницаемого картона.

Степень удержания силиката натрия рассчитывали по данным весового метода анализа. В каждой узловой точке симплекса находили также показатель водопоглощения картона (по ГОСТу 13648.3—69) и экономический показатель проклейки.

В табл. 2 представлены данные результатов хроматографического анализа и расчетные значения степени удержания каучука СКС-65ГП.

Для того чтобы сформулировать задачу оптимизации, все перечисленные выходные параметры (частные критерии) процесса с помощью функции предпочтительности представляли обобщенным критерием  $D$  [2], который является средним геометрическим этих параметров. Частные функции предпочтительности аппроксимировали выражением

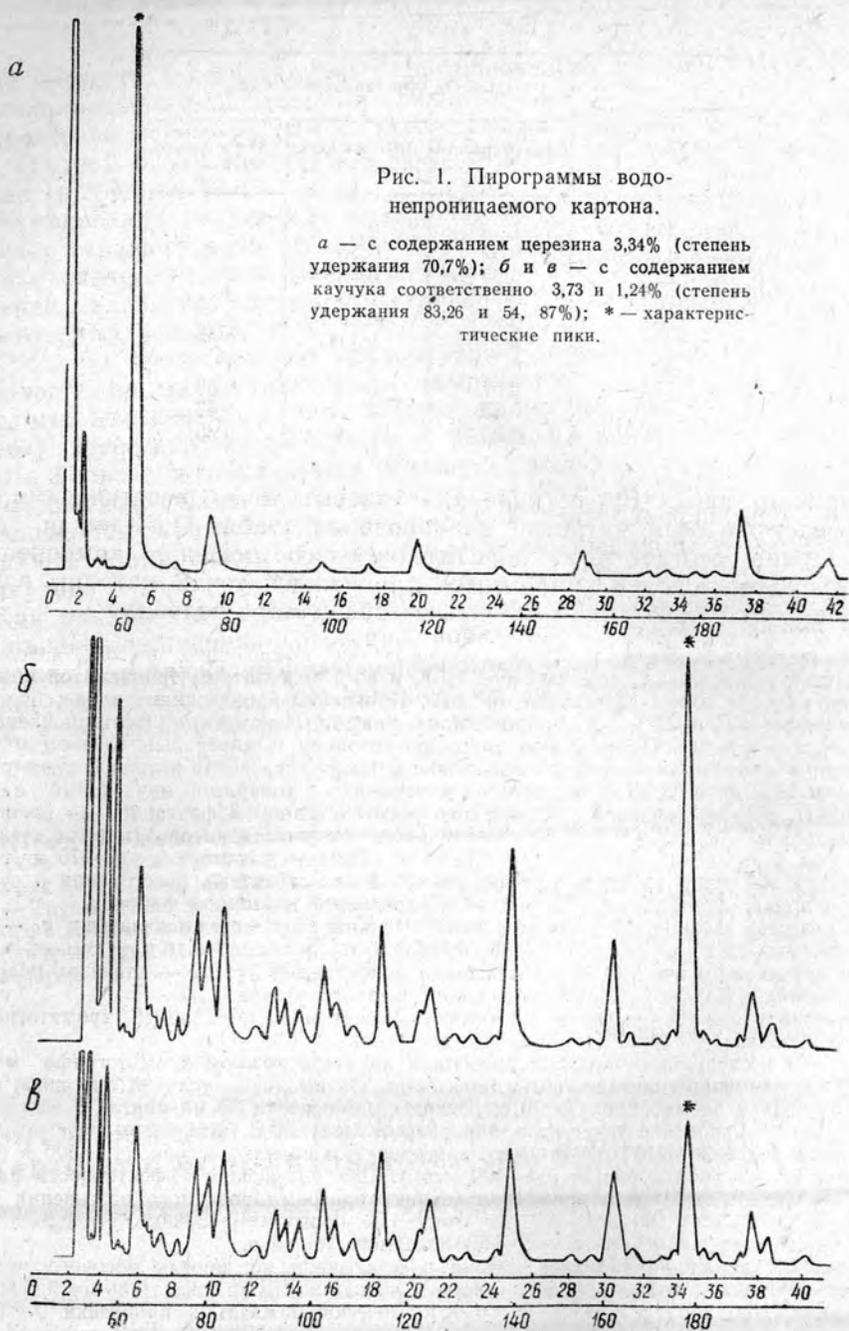


Рис. 1. Пирограммы водо-  
непроницаемого картона.

а — с содержанием церезина 3,34% (степень удержания 70,7%); б и в — с содержанием каучука соответственно 3,73 и 1,24% (степень удержания 83,26 и 54, 87%); \* — характеристические пики.

$$d_i = e^{-e^{-y'_i}}, \quad (1)$$

$$\text{где } y'_i = b_0 + b_1 y_i + b_2 y_i^2 + b_3 y_i^3 + \dots + b_n y_i^n. \quad (2)$$

Рис. 2 иллюстрирует уровень требований к качеству водонепроницаемого картона.

Таблица 2

Шифр узловой точки симплекса	Доля каучукового вещества	Содержание каучука в картоне при условии полного удержания, %	Содержание каучука в картоне по методу пиролитической ГЖХ, %	Степень удержания каучука, %
111	0	0	0	0
112	0,33	2,26	1,48	65,48
122	0,67	4,48	3,19	71,25
222	1,00	6,54	4,76	72,78
223	0,67	4,48	3,73	83,26
233	0,33	2,26	1,24	54,87
333	0	0	0	0
113	0	0	0	0
1333	0	0	0	0
123	0,33	2,26	1,53	67,61

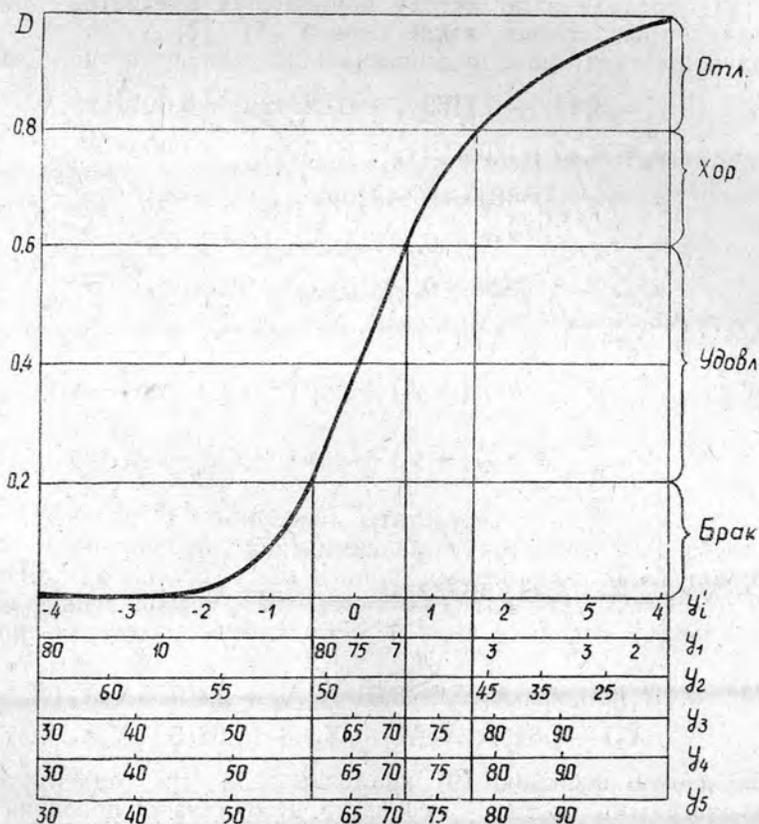


Рис. 2. Функция предпочтительности для частных параметров оптимизации.

$u_i'$  — вспомогательная равномерная шкала;  $u_i$  — неравномерные шкалы для частных параметров оптимизации;  $D$  — шкала предпочтительности в условных единицах качества.

Требования равномерности распространяются только на вспомогательную шкалу  $u_i'$  и шкалу ординат  $D$ . Шкалы  $u_i$  могут быть неравномерными. Значения коэффициентов в полиномиальной зависи-

Шифр узловой точки симплекса	Доля церезина $X_1$	Расход церезина, %	Доля каучука, $X_2$	Расход каучука %	Доля жидкого стекла $X_3$	Расход жидкого стекла, %	Водопоглощение, %	
							$y_1$	$y_1'$
111	1	7	0	0	0	0	9,2	-1,78
112	0,67	4,69	0,33	2,31	0	0	8,1	-0,57
122	0,33	2,31	0,67	4,69	0	0	10,7	-3,64
222	0	0	1	7	0	0	16,0	-11,93
223	0	0	0,67	4,69	0,33	2,31	46,1	-70,17
233	0	0	0,33	2,31	0,67	4,69	48,0	-71,47
333	0	0	0	0	1	7	80,0	-3,99
113	0,67	4,69	0	0	0,33	2,31	15,2	-10,53
133	0,33	2,31	0	0	0,67	4,69	7,9	-0,364
123	0,33	2,31	0,33	2,31	0,33	2,31	5,2	1,92

мости [3] определяли по методу наименьших квадратов линейризации неизвестных степени выше первой [1], [3].

Получены следующие полиномиальные зависимости

$$y_1' = 3,421 + 0,1169y_1 - 0,08342y_1^2 + 0,00101y_1^3; \quad (3)$$

$$y_2' = 4,35 - 0,03021y_2 + 0,0002y_2^2 - 0,00003y_2^3; \quad (4)$$

$$y_3' = -8,08834 + 0,14915y_3 - 0,00035y_3^2; \quad (5)$$

$$y_4' = -8,08834 + 0,14915y_4 - 0,00035y_4^2; \quad (6)$$

$$y_5' = -8,08834 + 0,14915y_5 - 0,00035y_5^2. \quad (7)$$

Обобщенный критерий

$$\hat{D} = \exp \left\{ -\frac{1}{5} [\exp(-y_1') + \exp(-y_2') + \exp(-y_3') + \exp(-y_4') + \exp(-y_5')] \right\}. \quad (8)$$

Исходные данные и результаты эксперимента сведены в табл. 3.

Итак, задача сводится к максимизации обобщенного критерия  $D$ . Для получения достоверных данных мы сочли необходимым и достаточным реализовать план эксперимента, позволяющий получить математическую модель в виде полного кубического уравнения

$$\hat{D} = 0,1X_1 + 0,6525X_1X_2 + 0,315X_1X_3 + 2,40755X_1X_2(X_1 - X_2) - 1,845X_1X_3(X_1 - X_3) + 11,5875X_1X_2X_3. \quad (9)$$

Полученную функцию (9) анализировали на максимум с помощью диаграммы состав — свойство. Координаты проекций линий равного выхода рассчитывали на ЭЦВМ «Проминь-2».

Проекция изолиний функции отклика приведены на рис. 3, *e*, из которого определяется положение вершины с координатами  $X_1 = 0,4$ ;  $X_2 = 0,3$  и  $X_3 = 0,3$  вес. частей. Максимальное значение  $D$  в этой точке составляет 0,58 и попадает в диапазон безразмерных величин, оценивающих комплекс выходных величин на удовлетворительно (рис. 2).

Чтобы характеризовать процесс проклейки водонепроницаемого картона по каждому показателю, на рис. 3, *a, б, в, г, д* приведены

Таблица 3

Затраты на проклейку, р.		Степень удержания каучука, %		Степень удержания церезина, %		Степень удержания жидкого стекла, %		Обобщенный критерий $D$
$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_3'$	$y_4$	$y_4'$	$y_5$	$y_5'$	
46,9	0,294	—	—	79,40	1,55	—	—	0,1
48,05	0,035	69,49	0,178	82,80	1,86	—	—	0,39
49,25	-0,22	71,25	0,762	67,10	0,34	—	—	0
50,4	-0,5	72,80	0,915	—	—	—	—	0
37,23	1,96	83,26	1,9	—	—	85,74	2,13	0
23,66	3,36	54,87	-0,96	—	—	99,10	3,26	0
10,5	4,02	—	—	—	—	12,4	-6,29	0
34,89	2,27	—	—	70,70	0,71	94,0	2,84	0
22,51	3,43	—	—	51,0	-1,39	80,7	1,67	0,24
35,9	2,14	67,61	0,396	60,9	-0,3	69,7	0,61	0,57

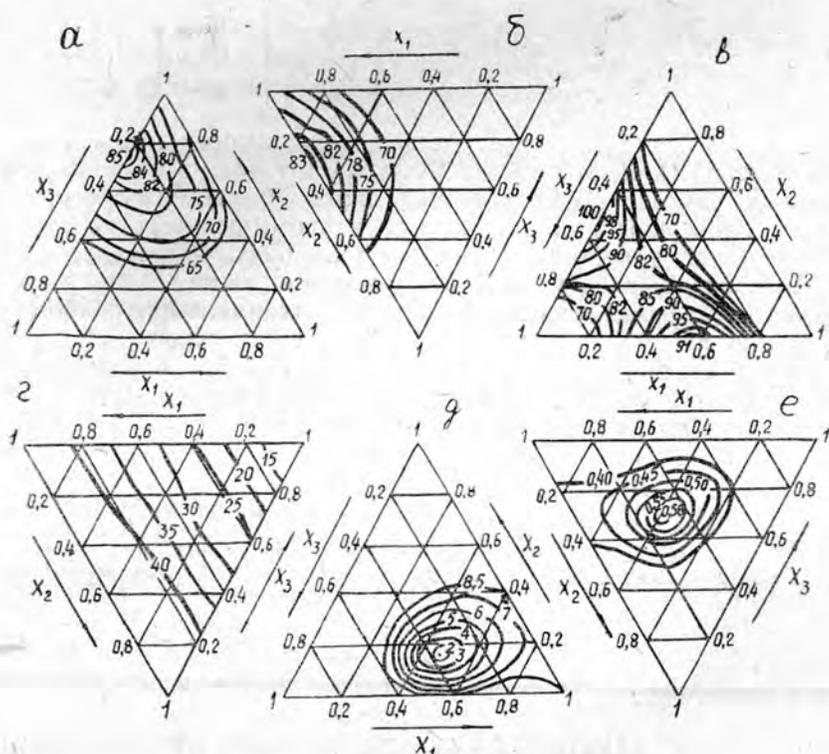


Рис. 3. Диаграммы состав — свойство для системы церезин ( $X_1$ ) — латекс ( $X_2$ ) — жидкое стекло ( $X_3$ ) с оптимизацией степени удержания каучука СКС-65ГП (а), церезина (б), жидкого стекла (в), водопоглощения (д), затрат на проклейку (е) и максимизацией функции предпочтительности (е).

диаграммы состав — свойство в единицах собственных размерностей.

Применение пиролитической ГЖХ позволило уточнить технологический режим проклейки водонепроницаемого картона в производственных условиях и определить оптимальные значения расходов компо-

Таблица 4

Показатели	Значения показателей		
	по ГОСТу	предсказанные	из анализа опытных образцов
Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	0,85	—	1,02
Водопоглощение, %	10,0	5,0	5,6
Линейная деформация после выдержки образца в воде в течение 2 ч, %			
в продольном направлении	+0,25	—	+0,125
в поперечном	+0,40	—	+0,175
Линейная деформация при сушке, %			
в продольном направлении	-0,55	—	-0,50
в поперечном	-0,75	—	-0,70
Предел прочности при растяжении в среднем по двум направлениям	1,6	—	3,4
Влажность, %	7,0 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	—	9,5
Степень удержания каучука, %	—	65	73
"          "          черезина, %	—	65	70
"          "          силиката натрия, %	—	65	58,5

нентов проклеивающей смеси: расход каучукового латекса 21 кг, церезина 28 кг, жидкого стекла 21 кг на 1 т абс. сухого волокна при суммарном расходе проклеивающей смеси 70 кг/т. Полученные результаты проверены и подтверждены в промышленных условиях.

Показатели качества образцов водостойкого обивочного картона промышленной выработки по оптимальному режиму даны в табл. 4.

Таким образом, пиролитическую газо-жидкостную хроматографию можно рекомендовать для анализа технической продукции и контроля технологических процессов, а также для разработки и совершенствования технологических процессов производства бумаги и картона с полимерными веществами.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Крылов В. И. и др. Вычислительные методы высшей математики. I. Минск, «Высшая школа», 1972, с. 150. 12. Штарман Б. П. и др. — «Пластические массы», 1969, № 1, с. 61. 13. Шиголов Б. М. Математическая обработка наблюдений. М., ГРФМЛ, «Наука», 1969, с. 215.

Поступила 26 февраля 1975 г.

УДК 668.473.543/480/

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ ЭФИРОВ СМОЛЯНЫХ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Ф. А. МЕДНИКОВ, Л. А. КОСЫЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

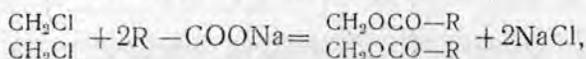
Изложены результаты переработки сырого сульфатного мыла с получением сложных эфиров смоляных и жирных кислот из их натриевых солей действием хлорированных углеводородов (дихлорэтан и др.). Приведены схемы процесса, расходные показатели, выход и свойства эфиров.

Талловые продукты из сульфатного мыла широко применяются в народном хозяйстве. В 10-й пятилетке намечается значительное увели-

чение их производства для замены сосновой канифоли во многих отраслях промышленности.

Сырое сульфатное мыло перерабатывают на товарные талловые продукты (талловое масло, жирные кислоты, талловая канифоль, легкие масла, пек и др.) обычно путем разложения его разбавленной серной кислотой с последующей нейтрализацией, промывкой и ректификацией полученного таллового масла. Агрессивная среда, глубокий вакуум (порядка 2—5 мм рт. ст.), остаточное давление в колоннах и сравнительно высокая температура (240—270°C) создают определенные технические трудности в аппаратурном оформлении этого сложного технологического процесса и при эксплуатации оборудования.

В данной работе приведены результаты по переработке сырого сульфатного мыла с получением других товарных продуктов, а именно эфиров смоляных и жирных кислот. Основой технологического процесса является взаимодействие натриевых солей смоляных и жирных кислот сульфатного мыла с хлорированными углеводородами, например, хлористым бензолом, дихлорэтаном, трихлорэтиленом и др. При этом соответственно получают бензиловые и этиленгликолевые эфиры смоляных и жирных кислот сульфатного мыла. Химизм процесса при обработке сульфатного мыла дихлорэтаном



где R — радикал смоляных и жирных кислот сульфатного мыла.

В опытных работах применяли сульфатное мыло Братского ЛПК с содержанием смоляных и жирных кислот 51,2; неомыляемых 7,3; щелочи 7,7; влаги 33,8%. Кислотное число 175 мг КОН на 1 г выделенных из сульфатного мыла смоляных и жирных кислот. Сульфатное мыло (3 кг) загружали в автоклав-этерификатор, оборудованный мешалкой (50 об/мин), и заливали техническим дихлорэтаном с избытком в 25% против теоретического. Смесь нагревали при перемешивании электрообогревом, вмонтированным в корпус автоклава. Опыты проводили по двум режимам: температура этерификации 140—154°C (I) и 160—165°C (II), давление соответственно 6 и 10 атм. Контроль за процессом этерификации производили по кислотному числу в пробах, которые отбирали через каждые 2 ч после вывода автоклава на рабочий режим.

Результаты приведены в табл. 1, из данных которой видно, что реакция этерификации протекает по времени неравномерно. За первые 4 ч с дихлорэтаном связывается по первому более мягкому технологическому режиму 52%, а по второму более жесткому — 60% смоляных и жирных кислот, находящихся в виде натриевых солей в сульфатном мыле. За последние 4 ч процесс этерификации протекает более медленно, количество связанных с дихлорэтаном смоляных и жирных кислот доходит соответственно до 64 и 72%. За 14 ч кислотное число снижается до 38—57, а общее количество этерифицированных смоляных и жирных кислот в сульфатном мыле составляет соответственно 80 и 70%.

После этерификации избыточный дихлорэтан отгоняют от эфира-сырца острым паром и промывают теплой водой для растворения и удаления непрореагировавшего сульфатного мыла. Промывные воды направляют на разбавление сульфатного мыла перед загрузкой его в этерификатор или отсаливают и отстаивают для выделения мыла, которое снова направляют на этерификацию. Полученный эфир подсушивали при нагреве до 115—120°C. При подсушке отгоняется вода и остатки дихлорэтана из

Таблица 1

Длительность этерификации, ч	Кислотное число, мг КОН на 1 г	
	I	II
0	175	175
2	110	91
4	84	70
6	73	58
8	64	50
10	62	43
12	60	40
14	57	38



Рис. 1.

эфира. Все указанные выше операции проводили в одном аппарате-автоклаве емкостью 10 л.

Принципиальная схема получения этиленгликолевого эфира смоляных и жирных кислот из сульфатного мыла с дихлорэтаном приведена на рис. 1.

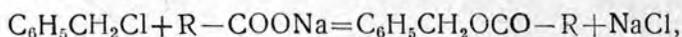
Расчеты по материальным балансам в опытных работах показали, что выход товарного этиленгликолевого эфира составляет 65% от сухого сульфатного мыла, а при возврате в технологический поток для повторного использования отмытого от эфира сульфатного мыла выход повышается до 75%. Расход дихлорэтана на 1 т эфира составляет 150 кг, а сульфатного мыла Братского ЛПК ~ 2 т. Себестоимость эфира, определенная по укрупненным показателям, составляет 170 р/т.

Итак, разработанный нами способ переработки сырого сульфатного мыла на сложные эфиры смоляных и жирных кислот с хлорированными углеводородами прост, не требует сложной аппаратуры и применения высоких температур и глубокого вакуума в технологическом процессе.

Этиленгликолевый эфир смоляных и жирных кислот представляет собой вязкую, липкую, малоподвижную жидкость при  $-30^{\circ}\text{C}$  и комнатной температуре. При  $-50^{\circ}\text{C}$  эфир не застывает, а остается жидкостью темно-красноватого цвета, как и при обычных условиях. Продукт хорошо растворим в этиловом эфире, спирте, бензине (БР-1), петролейном эфире и во многих хлорированных углеводородах, медленно растворяется на холоду в нефтяных машинных маслах и совсем не растворим в воде. Плотность эфира  $1,07 \text{ г/см}^3$ , кислотное число после

отмывок непрореагировавшего сульфатного мыла 15—20 мг КОН на 1 г.

Этиленгликолевые эфиры сульфатного мыла, полученные с дихлорэтаном по указанной выше схеме, и бензиловые эфиры, образующиеся при действии на сульфатное мыло хлористого бензила по реакции



протекающей в тех же условиях, что и при обработке сульфатного мыла дихлорэтаном или трихлорэтиленом, ранее были испытаны нами в промышленности пластмасс и резиновых изделий в качестве пластификаторов и смягчителей, а также в кожевенной промышленности для жировки кож\*. Выявлено, что этиленгликолевые и бензиловые эфиры, получаемые непосредственно из сырого сульфатного мыла, в этих производствах успешно заменяют такие дефицитные вещества как касторовое масло, рыбий жир, дибутилфталат и др., стоимость которых в 2—3 раза выше, чем эфиров смоляных и жирных кислот, полученных с хлорированными углеводородами из сульфатного мыла.

Описанный здесь способ переработки сульфатного мыла на эфиры смоляных и жирных кислот действием хлорированных углеводородов, кроме возможного применения его в производстве талловых продуктов, может найти применение в канифольно-экстракционном производстве при щелочной экстракции смолистых веществ из осмола с получением эфиров смоляных кислот из мыльных щелоков, а также в сульфатно-целлюлозном производстве при переработке смолистой и малосмолистой древесины с предварительной щелочной обработкой технологической осмольной щепы перед варкой целлюлозы.

---

\* Медников Ф. А. Этиленгликолевый эфир из сульфатного мыла. — Материалы ЦНИИБа, вып. XXXVII. Гослесбумиздат, 1948, с. 361.

Поступила 24 июня 1975 г

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 634.0.30.519.95

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С НЕПРОСТЕЙШИМИ ПРОЦЕССАМИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ

И. В. ТУРЛАЙ, Н. Ф. КОВАЛЕВ

Белорусский технологический институт

Исследованы системы обслуживания лесозаготовок с простейшими процессами методом статистического моделирования на ЭВМ. Установлена зависимость степени загрузки оборудования от характера случайных процессов и размера запаса.

Исследования, проведенные в леспромхозах БССР, а также данные ряда авторов [1—3] показывают, что значительная часть входящих потоков предметов труда (деревьев, хлыстов, сортиментов, пакетов деревьев и т. д.), поступающих на обслуживание (обработку), а также отказов (поломок) лесозаготовительных агрегатов не является простейшей. Кроме того, распределения длительности обслуживания предметов труда и длительности восстановления работоспособности оборудования редко соответствуют показательному закону распределения и к ним нельзя в полной мере применить условие стационарности протекания процесса. Особенностью является то обстоятельство, что ряд процессов лесозаготовок не обладает ординарностью, так как поступление предметов труда на обработку осуществляется группами, в то время как имеет место индивидуальная обработка, и наоборот (системы: «трелевка», «погрузка», «разгрузка», «крупнопакетная обрезка сучьев», «штабелевка» и др.).

По данным исследований работы лесозаготовительного оборудования ЛП-2, Урал 2, ТДТ-40М, ТБ-1, П-19Л, электропил ЭПЧ-3, поточных линий ПЛХ-ЗАС, сортировочных лесотранспортеров ТС-7с ГСУ, установлено, что около 18% потоков отказов обладают последствием, то есть сказывается влияние имевших место поломок на ожидаемые отказы в будущем.

Нами разработаны методика и программа, а также осуществлено моделирование систем обслуживания (обработки) основного технологического потока лесозаготовительного предприятия на ЭВМ «Минск-22М».

При моделировании использовали структурную схему (рис. 1, а, б), представляющую собой граф всех возможных переходов и состояний в системе и отражающую ее вероятные свойства.

Состояния системы:

$X_{0,0}$  — агрегат исправен, не занят обработкой;

$X_{0,i}$  — агрегат обрабатывает предмет труда, в запасе  $i$  единиц на обработку;

$X_{1,0}$  — агрегат не исправен;

$X_{1,i}$  — агрегат не исправен, в запасе  $i$  единиц на обработку.

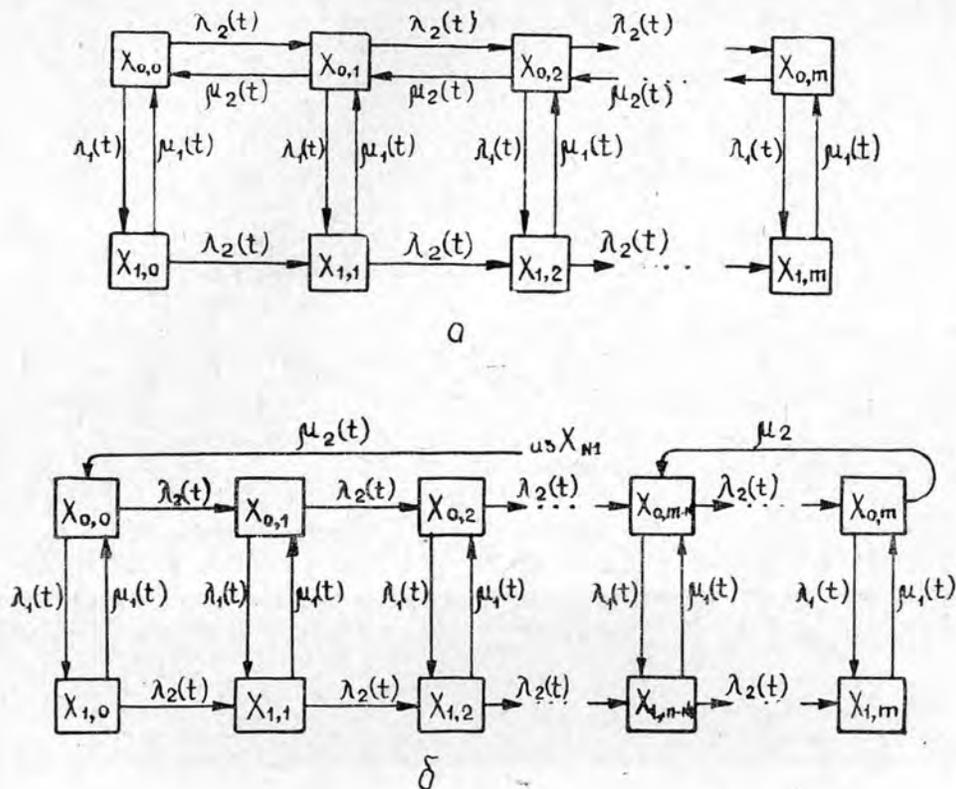


Рис. 1. Структурная схема работы лесозаготовительной системы.

*a* — при индивидуальном поступлении и обслуживании (обработке); *b* — при единичном поступлении и групповом обслуживании.

### Исходные положения моделирования

1. Поступление предметов труда на обслуживание (обработку) осуществляется случайным образом единицами или группами по  $N_2$  в пакете ( $N_2 = 1, 2, \dots, i$ ) и не зависит от начала обработки, то есть является самостоятельным процессом с параметром  $\lambda_2 = \lambda_2(t)$ .

2. Размер запаса  $M_1$  и предельная емкость запаса  $M_0$  задаются в любых вариантах.

3. Длительности обработки предметов труда распределены по случайному закону. Предусмотрены индивидуальное и групповое ( $N_1 = 1, 2, \dots, j$ ) обслуживания. Параметр процесса обслуживания  $\mu_2(t)$ .

4. Агрегат не обладает абсолютной надежностью. Случайными являются наступление отказа и длительность восстановления работоспособности, интенсивность отказов  $\lambda_1(t)$ , интенсивность восстановления  $\mu_1(t)$ .

5. При появлении поломки в момент обработки предмета труда после завершения ремонта осуществляется его дообработка.

Интервалы между поступлениями предметов труда, длительности их обслуживания, длительности времени между наступлением отказов и восстановления как случайные величины генерируются по законам Эрланга

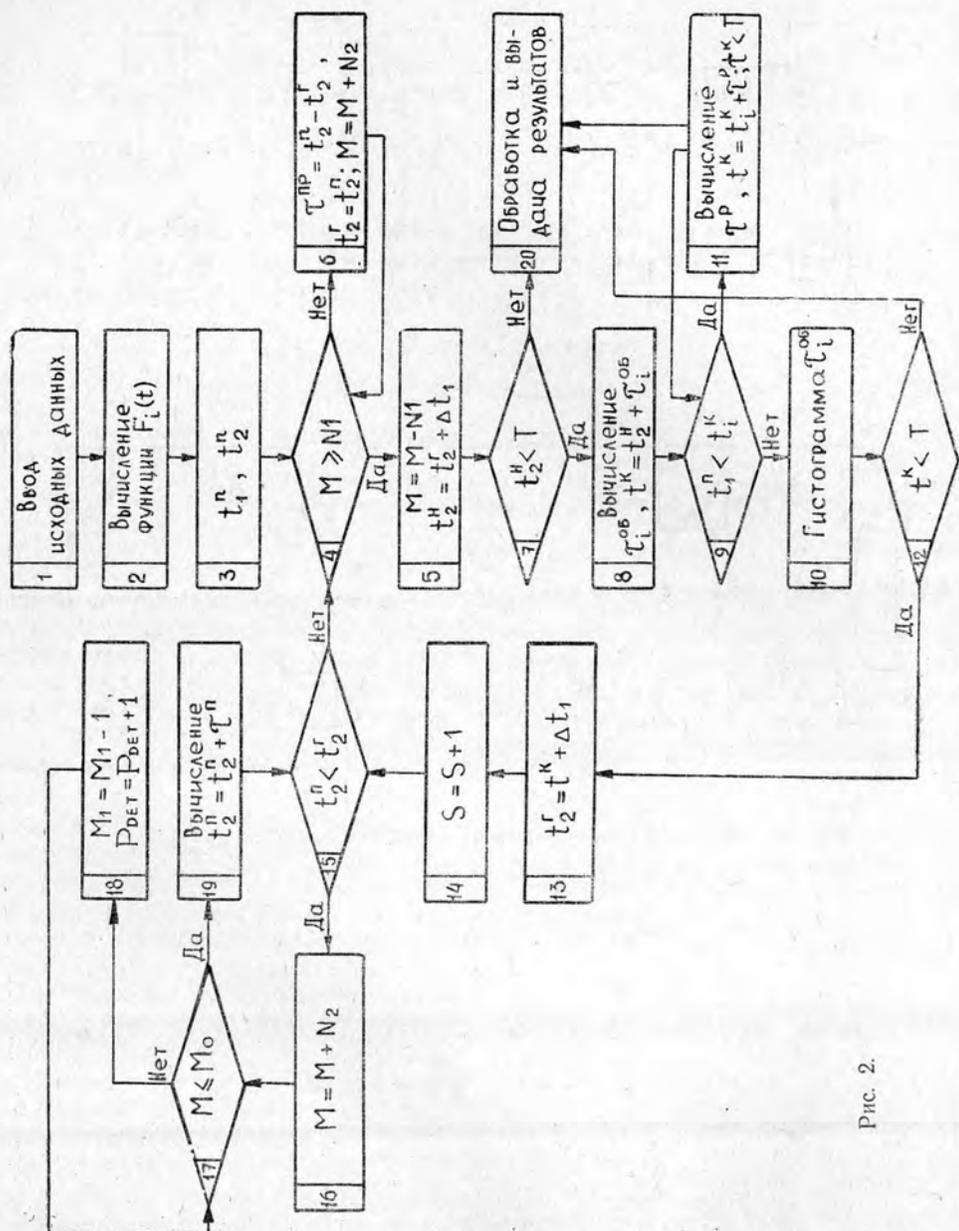


Рис. 2.

$$P = 1 - e^{-\lambda t} \left( 1 + \frac{\lambda^{k+1}}{k!} \sum_{m=1}^k \frac{k!}{m!} \cdot \frac{t^m}{\lambda^{k-m+1}} \right),$$

где  $\lambda$  — интенсивность для соответствующего процесса;  
 $k$  — порядок закона Эрланга ( $k = 0, 1, 2, \dots, n$ ).

Блок-схема алгоритма модели системы обслуживания лесозаготовок для любого типа оборудования представлена на рис. 2.

Здесь введены следующие обозначения величин и параметров:  
 $F_i(t)$  — функции распределения интервалов между поступлениями предметов труда, отказов, длительностей обработки и восстановления ( $i=1, 2, 3, 4$ );

- $t_1^n, t_2^n$  — моменты поступления отказов и предметов труда;  
 $t_2^g$  — время готовности агрегата к работе;  
 $\tau^{np}$  — длительность простоя из-за отсутствия предметов труда;  
 $t_2^h$  — момент начала обработки;  
 $\Delta t_1$  — продолжительность инерции рабочего органа агрегата;  
 $\tau^{обр}$  — длительность обработки;  
 $t^k$  — время конца операции обработки;  
 $\tau^p$  — продолжительность ремонта;  
 $T$  — длительность реализации;  
 $S$  — число обработанных предметов труда;  
 $P_{DET}$  — количество предметов труда, не попавших в запас ввиду его полного заполнения;  
 $\tau''$  — продолжительность времени между очередными поступлениями предметов труда на обработку.

При моделировании варьировали значения  $\lambda_1(t)$ ,  $\lambda_2(t)$ ,  $\rho_1(t)$  и  $\rho_2(t)$ , степень загрузки оборудования  $\rho_2^*$ , характер законов распределения случайных величин, емкости буферных устройств и запасов. Диапазоны изменений учитывали условия работы реальных лесозаготовительных систем.

Количество реализаций (предметов труда, поступивших на обработку), необходимое для получения заданной точности моделирования, определяем исходя из асимптотических зависимостей

$$S = \frac{2t_\alpha^2(1+V^2)}{\varepsilon^2(1-\rho_2)^2} + 0 \left[ (1-\rho_2)^{-2} \right], \quad (\rho_2 \rightarrow 1);$$

$$S = \frac{t_\alpha^2(1+V^2)}{\varepsilon^2} + 0(1), \quad (\rho_2 \rightarrow 0),$$

где  $S$  — число реализаций;

$t_\alpha$  — квантиль нормального стандартизованного распределения, определенный при доверительной вероятности  $\alpha$ ;

$\varepsilon$  — относительная погрешность ( $\varepsilon > 0$ )

$$V = \frac{M_\tau}{\sqrt{D_\tau}},$$

здесь  $M_\tau$  — математическое ожидание;

$D_\tau$  — дисперсия длительности обслуживания  $\tau$ .

Для лесозаготовительных систем при их моделировании значения  $k$  определяли в диапазоне 40—4000 реализаций. Меньшие величины относятся к системам с малой интенсивностью обслуживания (трелевочные тракторы, погрузчики и т. п.), большие — к системам раскряжевки и сортировки.

При моделировании исследовали условия максимальной загрузки оборудования при различных интенсивностях и вероятных зависимостях. Для систем «раскряжевка» и «сортировка» наилучшие условия

\*  $\rho_2 = \frac{\lambda_2(t)^2}{\mu_2(t)}$ .

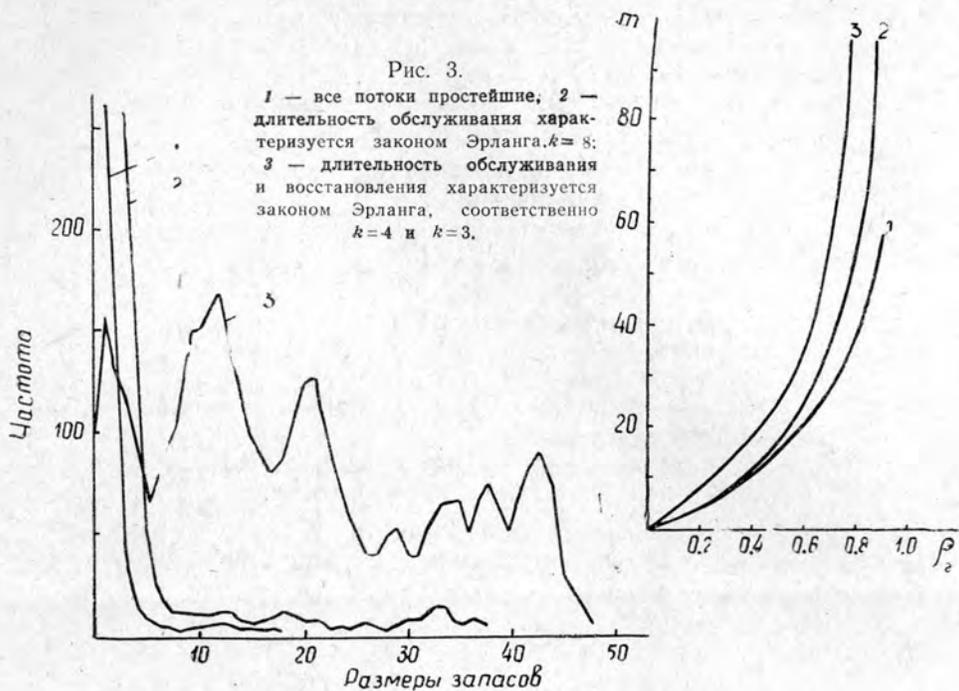


Рис. 4. Гистограммы запасов. Длительности обслуживания и восстановления распределены по закону Эрланга,  $k=4$  и  $k=3$ .

1 —  $\rho_2 = 0,39$ ; 2 —  $0,58$ ; 3 —  $0,77$ .



работы по использованию оборудования — при наличии запасов сортиментов в стыке указанных операций. Зависимости степени загрузки систем  $\rho_2$  от размеров запасов  $m$ , определенные при моделировании, показаны на рис. 3 ( $\rho_1 = \frac{\lambda_1(t)}{\mu_1(t)} = 0,025$ ). Общее количество обработан-

ных предметов труда в процессе моделирования указанных систем составило 32,33 тыс. шт.

Из графиков следует, что аппроксимация простейших процессов простейшими с показательными законами распределения случайных величин недопустима ввиду значительных ошибок, особенно при росте степени загрузки системы ( $\rho_2 \rightarrow 1$ ). Гистограммы запаса (рис. 4) для различных параметров случайных процессов указывают на то обстоятельство, что в случае простейших процессов запасы имеют тенденцию к возрастанию и в то же время функционируют более равномерно, чем в случае простейших процессов (рис. 5). Определение максимальных степеней загрузки проводили из условия, что раскряжевая установка является основной для рассматриваемых систем.

Модель, построенную на ЭВМ, можно использовать на любом этапе проектирования системы или в период эксплуатации соответственно для выбора параметров агрегатов систем обслуживания или для определения наивыгоднейших режимов загрузки эксплуатируемой системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

11. Дудюк Д. Л. Оптимизация штабелевно-погрузочных процессов на складах лесопромышленных предприятий. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., МЛТИ, 1969. 12. Попов Ф. П. Исследование потока отказов агрегатов лесотранспортных машин. — Труды ЦНИИМЭ, 1973, вып. 131. 13. Редькин А. К. Применение теории массового обслуживания на лесозаготовках. М., «Лесная промышленность», 1973.

Поступила 17 июня 1974 г.

УДК 65.011.56

## ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Н. А. СКУРИХИН

Ленинградская лесотехническая академия

В статье рассматривается задача массового обслуживания, возникающая при представлении системы управления многоканальной сортировкой лесоматериалов как системы массового обслуживания с потерями.

При решении разнообразных практических задач в лесной и деревообрабатывающей промышленности успешно используют методы теории массового обслуживания [2]. В настоящей статье рассмотрена одна из таких задач. Особенность ее решения в том, что специфика образования входящего потока заявок требует введения в уравнения Эрланга некоторого измененного значения интенсивности общего входящего потока требований.

Системы управления отдельными технологическими процессами можно рассматривать как системы массового обслуживания с потерями или с отказами в обслуживании. Это позволяет при оценке работоспособности таких систем воспользоваться определенными критериями эффективности.

Один из основных критериев системы массового обслуживания с потерями — вероятность отказов поступившим требованиям в обслуживании. При  $s$  обслуживающих аппаратах вероятность отказов в обслуживании  $p_s$  определяют по известному выражению [1]

$$p_s = \frac{\left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^s}{s!} \left[ \sum_{m=0}^s \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^m \right]^{-1}, \quad (1)$$

здесь  $\lambda$  — интенсивность потока требований, поступающих на обслуживание;

$\nu$  — интенсивность обслуживания; при постоянном времени обслуживания  $\nu = \frac{1}{t_{\text{обс}}}$ .

Входящие потоки требований в реальных условиях отличаются, однако, по своим свойствам от простейшего потока. В частности, при анализе процессов сортировки различного рода материалов, осуществляемых одновременно на нескольких параллельно работающих транспортерах, и систем управления этими процессами приходится рассматривать объединенный входящий поток, который состоит из отдельных потоков, соответствующих поступлению материалов по отдельным транспортерам.

Структуру объединенного входящего потока и принцип его получения можно пояснить с помощью рис. 1, на котором показан объединенный входящий поток требований, образованный из трех потоков, поступающих в систему управления от периферийных устройств (датчиков, пультов операторов и т. п.) отдельных транспортеров. Под требованиями понимают поступление информации о каждом сортируемом предмете с одновременной ее обработкой. Длительность поступления и пребывания требования в системе управления определяется временем обслуживания  $t_{\text{обс}}$ .

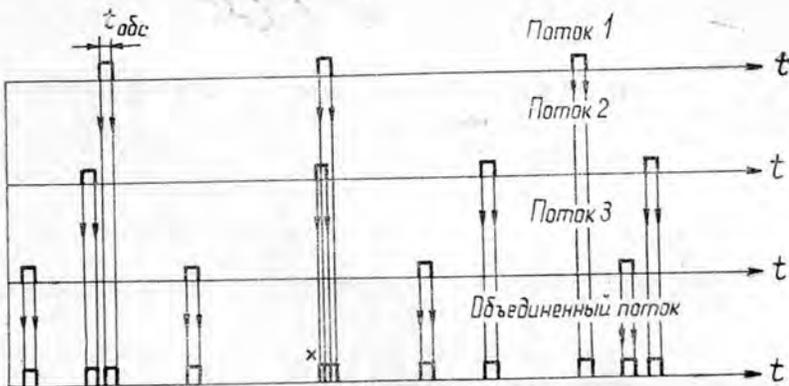


Рис. 1.

Перенос требований, образующих отдельные потоки, на ось времени  $t$  объединенного потока показан стрелками. Суммирование этих требований происходит непосредственно в системе управления при их поступлении на обслуживающие аппараты. В качестве примера на рис. 1. знаком «x» показано совпадение требований, которые относятся к потокам 1 и 2.

Интенсивность поступления лесоматериалов по различным транспортерам определяет собой входящий поток информации об этих материалах в систему управления  $\lambda_i = \text{const}$ . При идентичности применяемого технологического оборудования и равных условиях его эксплуатации объединенный входящий поток, состоящий из  $n$  отдель-

ных потоков (каждый интенсивностью  $\lambda_i$ ) обладает интенсивностью  $n\lambda_i$ .

Интервалы времени между двумя последовательно поступающими требованиями (поступлениями информации о перемещающихся по сортировочному транспортеру материалах) не могут быть меньше некоторого значения  $T_{min} \gg t_{обс}$ , то есть условие отсутствия последствия входящего потока для одного транспортера строго не выполняется.

При суммировании нескольких таких потоков объединенный входящий поток обладает тем большим отсутствием последствия, чем больше число объединяемых потоков. В первом предположении можно считать, что для нескольких суммируемых потоков это свойство имеет место.

Условие ординарности поступления требований выполняется достаточно хорошо, поскольку для практических условий сортировки  $T_{min} \gg t_{абс}$ .

Следовательно, при использовании для обработки поступающей о сортируемых материалах информации системы управления, рассматриваемой как системы массового обслуживания с потерями, вероятность отказов в обслуживании

$$p_s = \frac{\left(\frac{n\lambda_i}{\nu}\right)^s}{s!} \left[ \sum_{m=0}^s \frac{1}{m!} \left(\frac{n\lambda_i}{\nu}\right)^m \right]^{-1}. \quad (2)$$

Однако вероятности отказов в обслуживании требований рассматриваемого объединенного потока, определенные с помощью этого выражения, значительно отличаются от соответствующих значений вероятностей, полученных опытным путем.

Поэтому потребовалось дополнительно проанализировать входящие в уравнение (2) параметры, поскольку правомерность использования формулы в ее общем виде особых сомнений не вызывает.

Действительно оказывается, что рассматриваемый объединенный входящий поток имеет одну особенность, которая позволяет по-новому оценить входящее в уравнение (2) значение интенсивности  $n\lambda_i$ .

Эта особенность состоит в том, что при условии  $t_{обс} \ll T_{min}$ , одном обслуживающем аппарате  $s=1$  и при обслуживании уже поступившего с какого-либо транспортера требования отказ в обслуживании могут получить только требования, поступающие с оставшихся транспортеров. То есть в действительности интенсивность потока, требования которого могут быть не обслужены,  $n\lambda_i - \lambda_i = (n-1)\lambda_i$ .

Аналогичная ситуация наблюдается и в общем случае при  $s$  обслуживающих аппаратах. При этом интенсивность потока, для которого возможны отказы в обслуживании, равна  $(n-s)\lambda_i$ .

Итак, для рассматриваемого объединенного входящего потока вероятность отказов в обслуживании определяется уравнением (2), но с измененными значениями интенсивности суммарного потока. Выражение для определения вероятности отказов в обслуживании принимает следующий вид:

$$p_s = \frac{\left[\frac{(n-s)\lambda_i}{\nu}\right]^s}{s!} \left\{ \sum_{m=0}^s \frac{1}{m!} \left[\frac{(n-s)\lambda_i}{\nu}\right]^m \right\}^{-1}. \quad (3)$$

Здесь интенсивность  $(n-s)\lambda_i$  может рассматриваться как величина, характеризующая поток требований с возможными отказами в

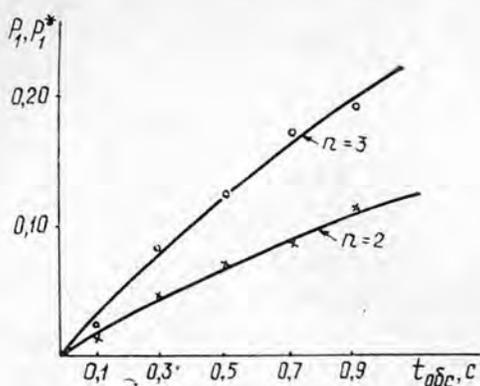


Рис. 2.

вающих аппаратов, при котором уравнение Эрланга принимает вид (3), подтверждается графиками вероятностей отказов в обслуживании требований системой управления сортировкой с одним обслуживающим аппаратом (рис. 2).

Кривые теоретических значений вероятности отказов в обслуживании  $p_1$  получены в соответствии с выражением (3) для одновременной работы двух ( $n=2$ ) и трех ( $n=3$ ) транспортеров на Братском лесопромышленном комплексе. Точками отмечены на графике значения частот  $p_1^*$  отказов в обслуживании, полученные опытным путем. Отклонения частот отказов в обслуживании от вероятностей, определенные с помощью метода наименьших квадратов, свидетельствуют о высокой степени согласия между теоретическими и экспериментальными значениями вероятностей отказов в обслуживании.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М., «Наука», 1966. [2]. Редькин А. К. Применение теории массового обслуживания на лесозаготовках. М., «Лесная промышленность», 1973. [3]. Скурихин Н. А. Исследование и синтез системы управления многоканальной сортировкой лесоматериалов с применением средств вычислительной техники. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1973.

Поступила 24 апреля 1975 г.

УДК 62-52

### АЛГОРИТМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТОЧНОСТЬЮ РАМНОЙ РАСПИЛОВКИ

В. Р. ФЕРГИН, А. К. КУРИЦЫН

Московский лесотехнический институт

Обсуждены вопросы, связанные с получением и обработкой информации о точности размеров, рассмотрен алгоритм управления скоростью подачи. Предложен порядок измерений и вычисления показателей точности пиломатериалов.

Размеры пиломатериалов при рамном пилении для фиксированного времени имеют распределение, близкое к нормальному, и для

контроля за точностью достаточно иметь оценки математического ожидания  $m$  (рис. 1) и дисперсии  $\sigma^2$ .

Нестабильность условий рамного пиления проявляется в смещении среднего арифметического значения размеров относительно середины поля допуска  $M_e$  и в изменении рассеивания размеров, оцениваемом средним квадратическим отклонением  $\sigma$ .

И то, и другое приводит к росту размерного брака.

При управлении процессом удобнее иметь один обобщенный показатель точности, который учитывал бы и смещение среднего арифметического значения размеров, и фактическое их рассеивание.

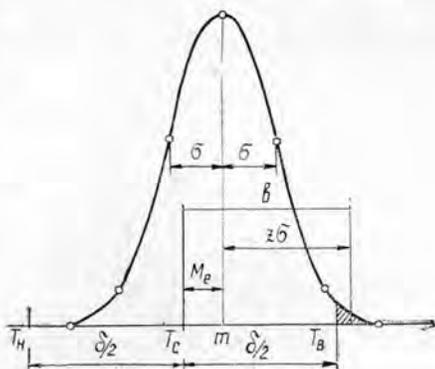


Рис. 1.

$$b = |M_e \pm z\sigma|. \quad (1)$$

Показатель  $b$  имеет следующий физический смысл (рис. 1): это отрезок, отложенный от середины поля допуска  $T_c$  в сторону смещения среднего арифметического. Вероятность попадания размеров пиломатериалов за конец этого отрезка не превышает заданную вероятность появления брака  $p_{бр}$ , по которой определяют величину  $z$ . Соответствие фактической точности размеров пиломатериалов требуемой легко оценить путем сравнения величины показателя точности со значением половины поля допуска. Ограничение по точности имеет вид

$$b \leq \frac{\delta}{2}, \quad (2)$$

где  $\frac{\delta}{2}$  — половина поля допуска.

Рассмотрим вопрос о точности определения параметров  $M_e$  и  $\sigma$ , которая зависит от количества измерений при оценке качества распиловки. В этом случае в противоречии находятся затраты на измерения и достоверность результатов. Как известно, выборочные статистические характеристики, полученные по ограниченному числу измерений, сами являются случайными величинами и отличаются от соответствующих генеральных характеристик. Для оценки точности выборочных характеристик используют доверительные интервалы. Методы построения доверительных интервалов подробно рассмотрены в одной из работ [1].

Если число измерений менее 10, то происходит резкое возрастание погрешностей в определении параметров, при увеличении числа опытов свыше 20 доверительные интервалы сужаются медленно. Отсюда следует, что оптимальный объем выборки находится в пределах 10—20.

Необходимо отметить, что среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонения — наиболее эффективные оценки параметров распределения. При использовании менее эффективных оценок (медианы, размаха и др.) их доверительные интервалы для одного и того же числа измерений будут больше.

Для осуществления статистического контроля размеров пиломатериалов, кроме числа измерений, необходимо установить: а) количество

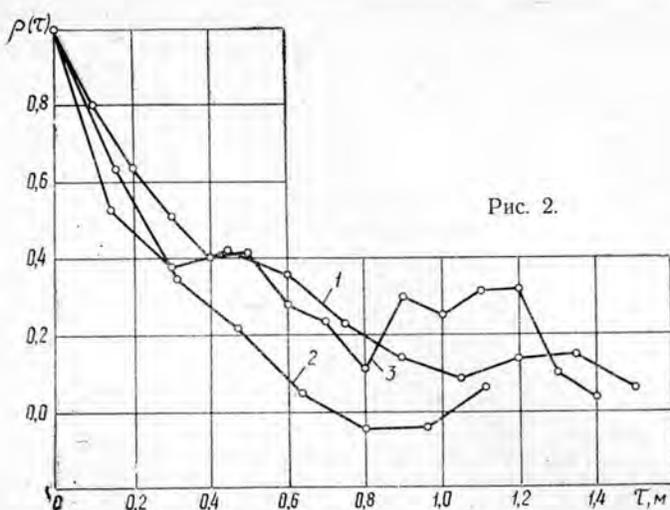


Рис. 2.

контролируемых досок; б) участок по длине доски, где следует проводить измерения; в) расстояния между измерениями; г) период времени между выборками.

Ясно, что для двух измерений, сделанных на небольшом расстоянии одно от другого, результаты почти совпадают, и второе измерение почти не дает новой информации. С другой стороны, одно-два измерения на доске приводят к увеличению числа досок в выборке и потере времени на измерения.

Определим расстояние между двумя сечениями по длине доски, значения размеров которых можно считать статистически независимыми. На рис. 2 представлены автокорреляционные функции толщины пиломатериалов по их длине, полученные Д. П. Иващенко, В. Е. Кондрашкиным и авторами данной статьи (графики 1, 2 и 3 соответственно). При  $\tau = 0,5$  м коэффициенты корреляции сопоставимы с ошибками при их определении, поэтому рекомендуемый интервал между измерениями равен 0,5 м.

Исследования подтвердили известное из практики положение о том, что погрешности размеров пиломатериалов значительно выше на первом и последнем метрах длины, чем на середине. Из сказанного вытекает следующий порядок проведения выборки: измерения проводят не ближе 1 м от торцов через каждые 0,5 м. При числе измерений  $n = 10 \div 20$  достаточно контролировать размеры двух-трех досок.

Для определения оптимального периода между выборками необходимы специальные исследования. На первых порах можно придерживаться сложившегося на практике интервала между проверками качества распиловки, равного 50—60 мин.

Рассмотрим порядок обработки результатов выборочного контроля с целью корректировки посылки и определения условий поднастройки рамы, предусмотренных алгоритмом управления процессом [3].

Эксперименты показали, что рассеивание размеров пиломатериалов  $\sigma$  снижается с уменьшением посылки [2]. На использовании этой зависимости и основано управление точностью рамной распиловки. При изменении посылки возможно незначительное изменение  $M_e$ . Но поскольку направление (увеличение или уменьшение) и величина этого изменения случайны, то будем считать, что при регулировании скорости подачи среднее арифметическое не изменяется.

На лесопильных рамах одновременно формируется несколько размеров (досок). После измерений необходимо определить одну из досок, у которой показатель точности принимает наибольшее по абсолютной величине значение

$$b^* = \max \{ |M_{e_j} \pm z_1 \sigma_j|; |M_{e_j} \pm z_2 \sigma_j| \}, \quad (3)$$

где  $j$  — номер контролируемой доски постова;  
 $z_1$  и  $z_2$  — коэффициенты, зависящие от допускаемой вероятности нарушения соответственно верхней и нижней границ поля допуска.

Параметры  $M_e$ ,  $\sigma$  и  $z$  для доски постова, имеющей максимальное значение  $b^*$ , обозначим через  $M_e^*$ ,  $\sigma^*$  и  $z^*$ .

Посылку регулируем по программе [3]

$$\Delta(t) = a_0 - a_1 t. \quad (4)$$

Программу корректируем по результатам выборочного контроля; это заключается в изменении коэффициента  $a_0$ . Определим, каким должно быть значение  $\sigma$  после корректировки посылки с тем, чтобы при данной величине  $M_e^*$  ограничение (2) выполнялось как равенство

$$\sigma_k = \frac{\delta}{2z^*} - \frac{M_e^*}{z^*}.$$

Скорректированное значение коэффициента  $a'_0$  определяем по формуле

$$a'_0 = a_0 + \frac{1}{k} (\sigma_k - \sigma^*),$$

где  $a_0$  — значение коэффициента до корректировки;

$k = \left( \frac{d\sigma}{d\Delta} \right)_{\text{ср}}$  — среднее значение производной  $\sigma$  по  $\Delta$ .

Проведение поднастройки лесопильной рамы, заключающееся в уменьшении смещения среднего значения от  $M_e^*$  до  $M_{\text{ен}}$  (разумеется в том случае, если  $M_e^* > M_{\text{ен}}$ ), позволяет увеличить коэффициент  $a_0$  (а значит и посылку)

$$a'_{\text{он}} = a_0 + \frac{1}{k} (\sigma_{\text{кн}} - \sigma^*),$$

$$\text{здесь } \sigma_{\text{кн}} = \frac{\delta}{2z^*} - \frac{M_{\text{ен}}}{z^*}.$$

Поднастройка эффективна, если после ее проведения (для чего требуется простой рамы в течение времени  $t_n \approx 1$  мин) выпиливают продукции больше.

Целесообразность поднастройки с остановкой рамы на время  $t_n$  определяют по условию

$$a'_0 \tau > a'_{\text{он}} (\tau - t_n) + a_1 t_n \left( t + \frac{t_n}{2} \right), \quad (5)$$

где  $\tau$  — вероятное время работы рамы до сбоя настройки.

При выполнении условия (5) раму не настраивают, а первый член в соотношении (4) заменяют величиной  $a'_0$ . Если это условие не выполняется, то раму поднастраивают, а первый член в равенстве (4) заменяют значением  $a'_{\text{он}}$ . Условие (5) позволяет выбрать уп-

равляющие воздействия, обеспечивающие максимальную линейную производительность работы рамы за время  $\tau$ . Коэффициенты  $a_1$  и  $k$  можно определить по данным математического описания процесса рамного пиления.

Таким образом, алгоритм сбора и обработки информации при управлении точностью рамной распиловки содержит следующие этапы:

1) проведение измерений размеров пиломатериалов на 2—3-х досках из каждого места постава через 0,5 м не ближе 1 м от торцов;

2) вычисление показателей точности для досок из каждого места постава;

3) выбор максимального показателя точности;

4) корректировка программы регулирования скорости подачи и проверка эффективности работы при данном техническом состоянии (настройке) лесопильной рамы.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятности и математической статистики. М., «Наука», 1955. [2]. Соболев И. В. Статистический контроль качества рамной распиловки. «Лесная промышленность», 1971. [3]. Фергин В. Р., Курицын А. К. Об автоматизации управления точностью рамной распиловки. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1975, № 5.

Поступила 3 июня 1975 г

УДК 65.011.56

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ 6-ПИЛЬНОГО СЛЕШЕРА ДЦ-10 МЕТОДАМИ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Д. П. БЕГЕЙ

Львовский лесотехнический институт

Описаны производственные процессы, выраженные  $k$ -распределением Эрланга путем сведения данного процесса к марковскому на примере функционирования 6-пильного слешера ДЦ-10.

Методы теории массового обслуживания широко распространены при исследовании технологических процессов, динамики функционирования автоматизированных линий в деревообрабатывающей промышленности [3].

Задача этих методов — нахождение функциональных зависимостей параметров, обуславливающих качество функционирования рассматриваемых агрегатов, от характеристик входящего потока сырья, а также параметров, характеризующих возможности одного станка и способы организации всей системы в целом. Для решения этой задачи необходимо найти количественные показатели качества функционирования системы и выразить их через величины, характеризующие входящий поток сырья и параметры технологического оборудования. Выбор количественных характеристик можно обосновать только в рамках конкретных задач.

Рассмотрим работу 6-пильного слешера ДЦ-10. Распределение интервалов времени между соседними событиями во входящем потоке сырья выражено законом Эрланга 2-го порядка, длительность обработки этого сырья — законом Эрланга 3-го порядка [1].

Для описания производственных процессов, переход которых из одного состояния системы в другое происходит в случайные моменты времени, применяем схему марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Поскольку производственные процессы обычно имеют последствие и не являются чисто марковскими, возникает вопрос об искусственном сведении таких процессов к марковским. Это возможно, когда потоки событий представляют собой потоки Эрланга с небольшими значениями  $k$  [2], что имеет место в рассматриваемой нами системе.

Чтобы искусственно свести эрланговский процесс к марковскому, необходимо: 1) выразить входящий эрланговский поток через простейший; 2) вместо одного состояния обслуживающей системы ввести три последовательных «псевдосостояния», в результате чего полученный поток можно рассматривать как марковский процесс, описываемый с помощью дифференциальных уравнений, переходящих при  $t \rightarrow \infty$  в алгебраические уравнения для предельных состояний системы.

Обозначим  $\Lambda_k$  — интенсивность потока Эрланга;  $\lambda$  — интенсивность его простейшего потока. Тогда ток

$$\Lambda_k = \frac{\lambda}{k}; \quad \lambda = k\Lambda_k.$$

Так как математическое ожидание закона Эрланга

$$m^{(k)} = \frac{1}{\Lambda_k},$$

то

$$\Lambda_k = \frac{1}{m_t^k}.$$

Для  $k=2$ ,  $m_t^{(k)} = 10$  (из экспериментальных данных, полученных на Костопольском ДСК), значит

$$\Lambda_k = 0,1$$

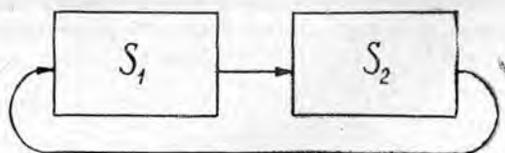
и параметры простейшего потока

$$\lambda = k\Lambda_k = 0,2; \quad m_t = \frac{1}{\lambda} = 5.$$

Таким образом, эрланговский входящий поток сырья искусственно сведен к простейшему потоку с показательным законом распределения интервалов времени между поступлением сырья.

Представим работу станка в виде графа состояний системы, из которого видно, что данная система может находиться только в одном из двух состояний  $S_1$  или  $S_2$  (рис. 1). Состояние  $S_1$  — слесер не работает; состояние  $S_2$  — слесер работает.

Рис. 1. Граф состояний работы станка.



Вместо одного состояния  $S_2$  введем три последовательных псевдосостояния:  $S_2^{(1)}$  — бревно распиливается первым рядом пил;  $S_2^{(2)}$  — бревно распиливается вторым рядом пил;  $S_2^{(3)}$  — бревно распиливает-

ся третьим рядом пил. Теперь продолжительность распиловки брезен слешером состоит из трех фаз, причем время пребывания системы в каждой фазе распределено по показательному закону. Граф состояний системы приведен на рис. 2.

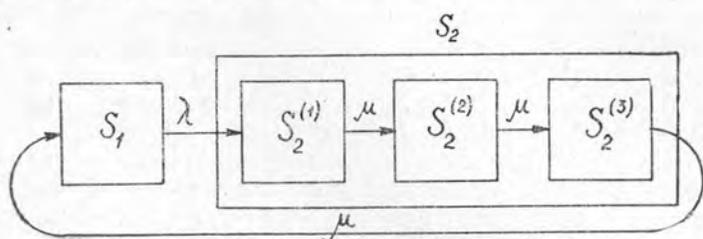


Рис. 2. Граф состояний системы после сведения эрланговского процесса к марковскому.

Обозначим предельные вероятности пребывания системы в псевдосостояниях  $S_2^{(1)}$ ,  $S_2^{(2)}$ ,  $S_2^{(3)}$  через  $p_2^{(1)}$ ,  $p_2^{(2)}$ ,  $p_2^{(3)}$ . Тогда

$$p_2 = p_2^{(1)} + p_2^{(2)} + p_2^{(3)}.$$

Обозначив

$$\bar{t}_1 = \frac{1}{\lambda}; \quad \bar{t}_2 = \frac{1}{\mu},$$

можно написать предельные вероятности состояний (как для обычной циклической схемы)

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{\bar{t}_1}{\bar{t}_1 + 3\bar{t}_2}; \\ p_2^{(1)} &= p_2^{(2)} = p_2^{(3)} = \frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1 + 3\bar{t}_2}; \\ p_2 &= p_2^{(1)} + p_2^{(2)} + p_2^{(3)} = \frac{3\bar{t}_2}{\bar{t}_1 + 3\bar{t}_2}. \end{aligned} \right\}$$

Величина  $3\bar{t}_2$  представляет собой среднюю длительность распиловки сырья на чураки (сумма средних времен пребывания системы каждой фазе распиловки). Подставив значения  $\bar{t}_1$  и  $\bar{t}_2$ , получим

$$p_1 = \frac{\mu}{\mu + 3\lambda} \approx 0,29; \quad p_2 = \frac{3\lambda}{\mu + 3\lambda} \approx 0,71,$$

где  $p_1$  — вероятность того, что слешер не работает;

$p_2$  — вероятность работы станка.

Для определения производительности слешера и средней загрузки питателя перед ним представим технологический процесс работы агрегата (рис. 3) в виде системы массового обслуживания с ожиданием и неограниченной очередью ( $n=1$ ,  $m \rightarrow \infty$ ) [2] (как это имеет место на Костопольском ДСК).

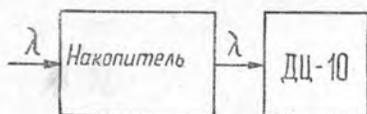


Рис. 3. Схема технологического процесса работы слешера.

Входящий поток сырья — простейший с интенсивностью  $\lambda = 0,2$ , закон распределения времени обслуживания — закон Эрланга с математическим ожиданием  $\bar{t}_{об} = \frac{1}{\mu} = 4$  и средним квадратическим отклонением  $\sigma_{t_{об}} = \frac{\sqrt{k}}{\lambda} = 8,66$ .

Определим разброс длительности распиловки относительно его среднего значения (коэффициент вариации)  $v = \frac{\sigma_{t_{об}}}{\bar{t}_{об}} = 2,17$ . Среднее число бревен  $\bar{r}$ , раскатанных по одному, находящихся в очереди на накопителе и определяющих среднюю производительность этого накопителя перед слешером, а также среднее время ожидания в очереди выражаются формулами Полячека — Хинчина [4]

$$\bar{r} = \frac{\rho^2 (1 + v^2)}{2(1 - \rho)} = 9 \left( \text{где } \rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0,8 \right);$$

$$\bar{t}_{ож} = \frac{\rho^2 (1 + v^2)}{2\lambda (1 - \rho)} = 45 \text{ с.}$$

Ввиду того, что  $m \rightarrow \infty$ , то каждое бревно, поступающее в систему, в конечном счете будет распилено, поэтому для ДЦ-10 относительная пропускная способность  $q = 1$ .

Абсолютная пропускная способность станка

$$A = \lambda q = \lambda = 0,2 \text{ бр/с} = 12 \text{ бр/мин.}$$

Такая пропускная способность позволит рассчитать, во сколько смен должен работать слешер, чтобы обеспечить производственную программу цеха древесностружечных плит.

Предложенную методику определения параметров функционирования агрегатов можно использовать при проектировании новых и модернизации существующих поточных линий по подготовке сырья для производства ДСП.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бегей Д. П. Исследование закономерностей работы линии по подготовке сырья для производства древесностружечных плит. — Тезисы докладов научно-технической конференции «Совершенствование техники и технологии деревообрабатывающей промышленности». Киев, 1974. [2]. Вентцель Е. С. Исследование операций. М., «Советское радио», 1972. [3]. Дудюк Д. Л. Математическое описание процесса работы автоматизированных поточных линий. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1972, № 1. [4]. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание, теория и применения. «Мир», 1965.

Поступила 28 мая 1975 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.266

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПОЛЕЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ

И. В. ВОРОНИН, И. Ф. ЖИВОТЯГИН

Воронежский лесотехнический институт

Рассчитывается экономическая эффективность системы защитных лесных полос и их влияние на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и получение продукции леса.

Важное условие дальнейшего развития сельского хозяйства на промышленной основе — мелиорация земель, в частности, лесная мелиорация. В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 марта 1967 года «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии» разработаны организационные основы работ по полезащитному лесоразведению.

Предприятиями лесного хозяйства за три года текущей пятилетки посажено противоэрозионных лесных насаждений 973 тыс. га, в том числе 230 тыс. га полезащитных лесных полос по договорам с колхозами и совхозами. «На полях колхозов и совхозов к 1974 г. создано 4,2 млн. га защитных лесных полос, в том числе полезащитных лесных полос 1,3 млн. га. На землях более 3 тыс. хозяйств уже созданы законченные системы полезащитных лесных насаждений» [2].

В Воронежской области Грибановский район одним из первых приступил к созданию полезащитных лесных полос и защитных лесонасаждений. В течение 1967—1972 гг. на полях колхозов и совхозов района посажены защитные лесонасаждения на площади 7447 га, в том числе 1954 га полезащитных лесных полос, 3290 га овражно-балочных лесных полос, 347 га насаждений на песках и 1856 га насаждений на крутых склонах оврагов, балок и других неудобных землях.

Общий экономический эффект от создания системы защитных лесных полос и защитных насаждений складывается из следующих факторов: 1) повышения урожайности и обеспечения получения определенного количества дополнительной продукции в растениеводстве; 2) сокращения потерь, наносимых сельскому хозяйству от ветровой и водной эрозии и других неблагоприятных погодных условий; 3) эффекта от заготовок древесины и продукции побочного пользования, получаемых в защитных лесных полосах. Из общего экономического эффекта от влияния положительных факторов необходимо вычесть потери прибыли, связанные с изъятием продуцирующих земель под лесные полосы.

*Повышение урожайности в растениеводстве*

Влияние защитных лесных полос на прибавку урожайности сельскохозяйственных культур рассмотрим на примере Комсомольского, Политотдельского и Мичуринского отделений совхоза «Грибановский». Почвы, климатические условия, агротехника выращивания культур,

техническая оснащенность отделений одинаковы. Разница заключается только в степени защищенности полей лесными полосами.

В Комсомольском отделении полезащитные лесные полосы занимают 3,7% площади пашни и оказывают положительное влияние на всю площадь отделения. В Политотдельском отделении защищенность полей лесными полосами 60%, полосы занимают 2,3% пашни. В Мичуринском отделении разрозненные лесные полосы (0,8% пашни) не оказывали существенного влияния на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Прибавка урожайности, связанная с воздействием лесных полос, показана в табл. 1 (средние данные за 1963—1967 гг.).

Таблица 1

Отделение совхоза	Показатели	Озимая пшеница	Яровые зерновые	Горох	Семена сахарной свеклы
Комсомольское	Площадь, га	145	308,6	73,8	62,6
	Сбор, ц	3480	7079	1633	699
	Урожайность, ц/га	24,0	22,9	22,2	11,2
	Прибавка, ц/га	5,5	5,4	6,0	4,0
Политотдельское	Площадь, га	314	565,6	298	141
	Сбор, ц	6300	11337	6277	1360
	Урожайность, ц/га	20,0	20,0	21,0	9,6
	Прибавка, ц/га	1,5	2,5	4,8	2,4
Мичуринское	Площадь, га	422	919	205	111,4
	Сбор, ц	7790	16095	3318	804
	Урожайность, ц/га	18,5	17,5	16,2	7,2

Общий объем дополнительной продукции, получаемой двумя отделениями совхоза «Грибановский», составляет 2790 ц зерновых культур, 615 ц семян сахарной свеклы, 1300 ц гороха, 400 ц сахарной свеклы, 1000 ц кормовых единиц зеленой массы кукурузы, кормовой свеклы, многолетних и однолетних трав на сено. Общая сумма дополнительной продукции по закупочным ценам 59 тыс. р., а прибыль 50 тыс. р. Затраты на выращивание 1 га полезащитных лесных насаждений по совхозу — 188 р., они полностью окупаются через 7 лет.

Приведенные расчеты экономической эффективности вложений в полезащитное лесоразведение показывают, насколько важно сокращение сроков создания законченной системы защитных лесонасаждений в границах отдельного хозяйства и административного района в целом. Установлено, что полезащитные лесные полосы оказывают положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур в зоне 30—35-кратной высоты полосы, а овражно-балочные лесные полосы и опушки лесных массивов — в зоне 15-кратной высоты полос и средней высоты опушек.

Общая протяженность защитных полос и опушек лесных массивов, защищающих посеvy сельскохозяйственных культур в колхозах района, составляет 3751 км; уже в ближайшие годы они будут оказывать положительное влияние на повышение урожая выращиваемых культур на площади 40 340 га (47% посевной площади). В совхозах общая протяженность защитных насаждений равна 681 км; с 1975 г. площадь 7600 га (35,8% посевной площади совхозов) находится под защитой лесных полос и насаждений.

Общее количество дополнительной продукции, получаемой хозяйствами района от агроклиматического воздействия системы защитных

лесных насаждений, составит: пшеницы — 50,8 тыс. ц, других зерновых культур — 217,3 тыс. ц, сахарной свеклы — 517,5 тыс. ц, подсолнечника — 24,7 тыс. ц, зеленой массы кукурузы — 1034 тыс. ц, семя — 13,8 тыс. ц, семян сахарной свеклы — 2 тыс. ц. Денежная оценка прироста продукции растениеводства по району — 4534,5 тыс. р., а прибыль, получаемая от дополнительной продукции полеводства, — 3610 тыс. р.

Затраты на создание защитных лесных полос в целом по хозяйствам района окупаются в 1975 г., и далее хозяйства будут получать агролесомелиоративный доход в виде дифференциальной ренты II.

На 1 тыс. р. стоимости лесомелиоративных насаждений в среднем в колхозах района будет получено 3380 р. дополнительной продукции, в совхозах — 2780 р., а в среднем по хозяйствам района — 3250 р.

### Сокращение потерь от ветровой и водной эрозии

В районе 2,5 тыс. га пашни подвержены ветровой эрозии. Средняя денежная оценка погибших посевов за 1964—1966 гг. с учетом дополнительных затрат на пересев равна 62,8 тыс. р. в год. По материалам УкрНИИЛХА, при защищенности полей полезащитными полосами ущерб от ветровой эрозии сокращается на 86%. В Грибановском районе средняя экономия денежных средств от сокращения ветровой эрозии составит 54,1 тыс. р.

Почвенными обследованиями Воронежской землеустроительной экспедиции (1961—1969 гг.) установлено, что наиболее эродированы земли в колхозах «Карачанский», «Знамя Ленина», «Дмитриевский»,

Таблица 2

Вид продукции	Объем продукции		Затраты, тыс. р.	Прибыль	
	в натуральном выражении	тыс. р.		всего, тыс. р.	на 1 га, р.—к.
Лесопродукция от рубок ухода и санитарных в полосах, м <sup>3</sup> полезащитных овражно-балочных	3700	18,3	10,3	8,0	
	9880	28,6	21,8	6,8	
Итого		46,9		14,8	2—12
Сбор желудей в полосах, т полезащитных овражно-балочных	168,2	33,6	13,5	20,1	
	87,0	17,4	7,0	10,4	
Итого				30,5	4—54
Сбор смородины золотистой в овражно-балочных полосах, т	1088,5	65,3	38,0	27,3	
Сбор грибов в полосах, т полезащитных овражно-балочных	7,7	15,5	7,8	7,7	
	17,4	34,8	17,4	17,4	
Вся продукция побочного пользования в полосах полезащитных овражно-балочных		49,1		27,8	
		117,5		55,1	
Итого		166,6		82,9	12—11
Вся лесопродукция и продукция побочного пользования		213,5		97,7	14—23

им. XXI съезда КПСС, «Большевик», «Еланский» и им. Кирова. В этих хозяйствах на площади 40,9 тыс. га пашни смыты на 15—20%.

«На опытных участках, заложенных вблизи с. Карачан Грибановского района Воронежской области, на землях колхоза «Карачанский» смыв почвы с 1 га пашни составляет: в 100 м от облесенного водораздела 2,1 т, в 300 м — 14,6 т, в 600 м — 38,4 т» [1]. Для расчетов средний смыв почв с 1 га пашни взят 14,6 т. Ежегодный смыв почвы с площади 40,9 тыс. га пашни примерно 600 тыс. т почвы.

«В пахотных горизонтах основных почв европейской части СССР содержится около 2% калия, 0,1% фосфора, 0,3% азота» [3]. По расчетам только в семи хозяйствах района, поля которых в сильной степени подвержены водной эрозии, потери в пересчете на стоимость минеральных удобрений составляют 445,8 тыс. р. Если условно принять, что на долю защитных лесных полос приходится 50% эффекта, то снижение ущерба от водной эрозии почвы выразится суммой 222,9 тыс. р.

Эффект от заготовок древесины и продукции побочного пользования представлен в табл. 2.

*Потери прибыли в связи с изъятием продуцирующих земель под лесные полосы*

Под защитными лесными полосами в хозяйствах района занято 6942 га, в том числе 863 га пастбищ и 6079 га пашни. Урожайность сельскохозяйственных культур и структура посевных площадей колхозов и совхозов взята нами средняя за четыре года (1963—1967 гг.). Недобор урожая в связи с изъятием земель под защитные лесные полосы по хозяйствам района составил: 4 тыс. ц сена, 58 тыс. ц зерновых, 82 тыс. ц зеленой массы кукурузы, 85,6 тыс. ц сахарной свеклы, 5,6 тыс. ц семян подсолнечника, 0,2 тыс. ц семян сахарной свеклы.

Ежегодные потери прибыли хозяйств в связи с изъятием продуцирующих земель под защитные лесные полосы по Грибановскому району равны 414,4 тыс. р.

В заключение можно сделать следующие выводы по общему экономическому эффекту от создания системы защитных лесных полос в Грибановском районе.

1. Ежегодный размер суммарного эффекта с учетом потерь в связи с изъятием продуцирующих земель составляет 3764,5 тыс. р.

2. Агролесомелиоративный доход, определяемый как разница между оценкой дополнительной продукции растениеводства и затратами на ее освоение, в целом по хозяйствам района равен 3610 тыс. р., в пересчете на 1 га защитных лесных полос — 518 р., в том числе по колхозам — 536 г., по совхозам — 438 р.

Агролесомелиоративный доход на 100 га защищенных пахотных угодий в среднем по хозяйствам района равняется 3280 р., в том числе по колхозам — 3600 р. и совхозам — 2411 р.

3. Общая рентабельность капитальных вложений на защитные лесные полосы в Грибановском районе составляет 272%, то есть на каждый рубль капитальных вложений, после вступления в строй системы защитных лесных полос, будет получаться прибыли 2 р. 72 к.

4. Затраты на создание системы защитных лесных полос окупятся полностью к 1975 г. только за счет получения агролесомелиоративного дохода от реализации дополнительной продукции растениеводства.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев П. В. Земля лесная. М., «Наука», 1967. [2]. Воробьев Г. И. Повышать эффективность защитного лесоразведения. — «Лесное хозяйство», 1974, № 6. [3]. Соболев С. С. Развитие эрозийных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. Т. III. М., изд-во АН СССР, 1960.

Поступила 13 июня 1975 г.

УДК 634.0.794

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т. С. ЛОБОВИКОВ, В. П. ФЕФЕЛОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Уральский лесотехнический институт

На основе анализа годового режима лесозаготовок в наиболее распространенных типах леспромхозов предлагаются оптимальные величины объемов зимней вывозки леса, обеспечивающие улучшение основных технико-экономических показателей производства.

Вопросы режима промышленного производства обычно решаются с позиций обеспечения равномерного выпуска продукции. Неравномерность производства ненормальна и нежелательна, если она является следствием недостатков организации производства. Однако такой подход не всегда правомерен там, где производственные процессы либо по своей сущности, либо по условиям исполнения испытывают воздействия сезонных условий, протекают с различной эффективностью по периодам года. Стремление к равномерному выпуску продукции в таких производствах влечет неравномерное и неполное использование средств труда и кадров.

К числу таких производств относится и лесозаготовительное. В нем наиболее четко выделяются два периода: зимний и весенне-летне-осенний (при необходимости второй период можно разделить на три: весенний, летний и осенний).

В зимний период лесозаготовки более эффективны, и это находит определенное отражение в планировании и организации производства. Постановление ЦК КПСС «Об опыте работы Томского, Тюменского и Вологодского обкомов КПСС по мобилизации коллективов предприятий на повышение эффективности лесозаготовительного производства», принятое в 1974 г., нацеливает лесозаготовителей на полное использование преимуществ зимнего сезона. В официальных указаниях Минлеспрома СССР одной из мер названо «преимущественное использование зимнего периода для организации лесозаготовок».

В Ленинградской лесотехнической академии нами в 1971—1974 гг. проведены исследования по оптимизации годового режима лесозаготовок. В качестве объектов исследования были взяты четыре характерных леспромхоза двух наиболее распространенных типов: на базе автомобильной дороги с примыканием к линии железной дороги МПС (Альмежский ЛПХ объединения «Кировлеспром» с объемом раскряжевки 303,5 тыс. м<sup>3</sup> в год и Лодейнопольский ЛПХ комбината «Ленлес» с объемом раскряжевки 322,3 тыс. м<sup>3</sup> в год); на базе автомобильной дороги с примыканием к реке с молевым сплавом (Афанасьевский ЛПХ объединения «Кировлеспром» — 350 тыс. м<sup>3</sup>, Виницкий ЛПХ комбината «Ленлес» — 347,5 тыс. м<sup>3</sup> в год). В ходе исследования были проанализированы режимы трудозатрат, работа основных механизмов в машино-

сменах и себестоимость лесозаготовок по периодам года по фазам основных работ и по основным видам подготовительно-вспомогательных работ. Отдельно учитывали режим неявок на работу по различным причинам. Все подготовительно-вспомогательные работы на лесозаготовках были разделены на две группы. К первой группе отнесены работы, непосредственно сопутствующие основным и выполняемые по режиму последних, без чего нормальный ход основного производства невозможен: по содержанию лесовозных дорог (без дорожных работ, исполняемых по капитальным вложениям), 60% работ по текущему ремонту лесозаготовительной техники и 50% прочих работ. Остальные подготовительно-вспомогательные работы отнесены ко второй группе — работам с самостоятельным режимом. При этом календарный год был разделен на два периода: зимний и весенне-летне-осенний.

Проведенный анализ не только подтвердил известные преимущества зимнего периода, но и дал им количественную характеристику. При решении задач оптимизации годового режима был применен графо-аналитический метод с расчетом данных для построения графиков по параметрически заданным значениям доли зимней вывозки в общегодовом объеме вывозки (от 0 до 1 через 0,1). Как функции от нее рассчитывали: 1) суммарные трудозатраты (чел.-дн.); себестоимость продукции лесозаготовок (тыс. р.); 3) количество машино-смен трелевочных тракторов и лесовозных машин, включая машино-смены в работе, ремонте и простое из-за сезонной незагруженности. Названные три показателя приняты за критерии оптимальности режима производства.

В расчетах приняты два условия:

1) годовой объем вывозки древесины в исследуемых леспромхозах неизменен и равен фактическому;

2) среднегодовая списочная численность рабочих на лесозаготовках не может превысить реально сложившейся величины с учетом имевшейся численности сезонных рабочих.

Согласно второму условию, каждое предприятие располагает предельным годовым фондом рабочих человеко-дней, который равен произведению среднегодового списочного числа рабочих, занятых на лесозаготовках (за минусом численности рабочих в неявках), на число рабочих дней в году. Реальными объемами (долями) зимней вывозки являются лишь те, при которых суммарные годовые трудозатраты не превышают указанных фондов рабочих человеко-дней. Зона реальных значений (по данному условию) на рис. 1 заштрихована.

Так как в летне-осенний период удельные трудозатраты на 1000 м<sup>3</sup> выше зимних, то с увеличением доли (объема) зимней вывозки суммарные трудозатраты снижаются. Но увеличение объема зимней вывозки требует все большего сосредоточения рабочих кадров на лесосечных работах и на вывозке древесины за счет других, в первую очередь, нижнескладских работ (при лимитированной численности рабочих по условию задачи).

Очевидно, что при определенных объемах зимней вывозки не вся поступающая на нижний склад древесина может быть раскряжевана сразу. Нераскряжеванная древесина должна быть складирована в виде хлыстов на нижнем складе или вблизи него до летне-осеннего периода, что требует дополнительных затрат. Эти затраты в какой-то мере компенсируются снижением объемов основных работ в летне-осенний период, но при очень больших долях зимних заготовок и больших запасах хлыстов такая компенсация становится недостаточной, в связи с этим суммарная трудоемкость и себестоимость всех работ повышаются.

На рис. 1 приведены указанные графические построения для Лодейнопольского ЛПХ комбината «Ленлес» (прижелезнодорожный тип примыкания) и для Афанасьевского ЛПХ объединения «Кировлес-

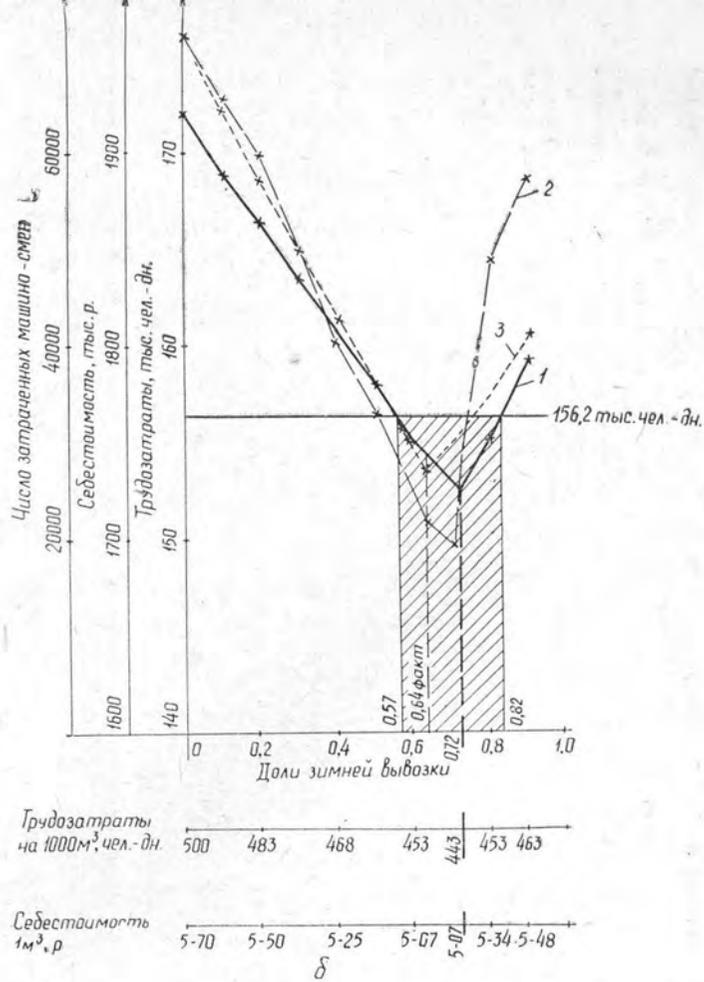
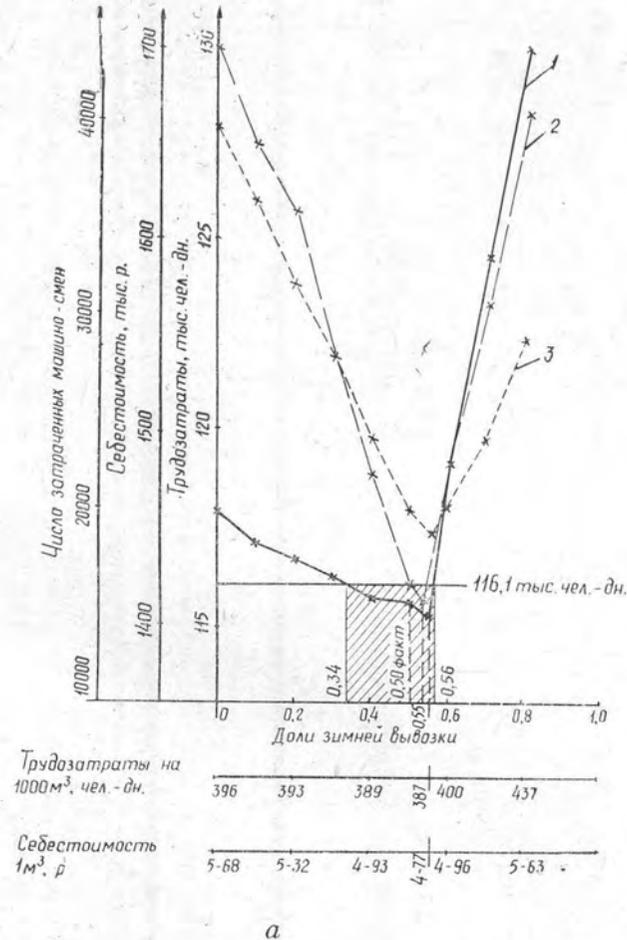


Рис. 1.

а — Лодейнопольский ЛПХ (прижелезнодорожный тип примыкания); б — Афанасьевский ЛПХ (приречный тип примыкания); 1 — трудозатраты; 2 — себестоимость; 3 — число затраченных машино-смен.

пром» (приречный тип примыкания). Из графиков видно, что все три исследуемые характеристики режима (три критерия оптимальности) при крайних значениях доли зимней вывозки максимальны, а между ними снижаются, достигая некоторого минимума.

Полученные оптимальные значения характеристик режима производства приведены в табл. 1. Для сравнения указаны фактические доли и объемы зимней вывозки.

Таблица 1

Леспромхозы	Объемы и доли зимней вывозки				
	фактические		оптимальные		
	Объем, тыс. м <sup>3</sup>	Доля	Объем		Доля
тыс. м <sup>3</sup>			% к фак- тическому		
По трудозатратам					
Прижелезнодорожные					
Альмежский	187	0,61	215	115,0	0,70
Лодейнопольский	149	0,50	164	110,0	0,55
Приречные					
Афанасьевский	223	0,65	248	111,2	0,72
Виницкий	200	0,58	220	110,0	0,64
По себестоимости					
Прижелезнодорожные					
Альмежский	187	0,61	209	118,0	0,68
Лодейнопольский	149	0,50	161	108,0	0,54
Приречные					
Афанасьевский	223	0,65	241	107,6	0,70
Виницкий	200	0,58	214	107,0	0,62
По числу затраченных машино-смен					
Прижелезнодорожные					
Альмежский	187	0,61	178	95,2	0,58
Лодейнопольский	149	0,50	167	112,0	0,56
Приречные					
Афанасьевский	23	0,65	220	99,0	0,64
Виницкий	200	0,58	216	108,0	0,62

Из рис. 1 и табл. 1 видно, что оптимальные значения всех трех характеристик режима имеют место при увеличении доли зимней вывозки по сравнению с фактической. Значения всех трех характеристик вместе образуют зону оптимальных значений доли зимней вывозки. Оптимальный вариант режима должен, по возможности, удовлетворять всем трем критериям или главным из них. Для лесозаготовительных предприятий главным критерием следует признать минимум трудозатрат в человеко-днях, так как рациональное использование труда оказывает решающее влияние и на уровень других технико-экономических показателей.

При оптимальных значениях долей и объемов зимней вывозки для исследуемых леспромхозов требуется создать запасы хлыстов на нижних складах в объемах, указанных в табл. 2.

Указанные объемы запасов хлыстов на нижних складах близки или совпадают с рекомендуемыми Н. Г. Багаевым и М. А. Мизевым\*.

\* Багаев Н. Г., Мизев М. А. Межоперационные запасы сырья в леспромхозах. М., «Лесная промышленность», 1973.

Таблица 2

Леспромхозы	Запас хлыстов, тыс. м <sup>3</sup>	Процент к годовому объему вывозки
Прижелезнодорожные		
Альмежский	28	9,1
Лодейнопольский	19	6,4
Приречные		
Афанасьевский	26	7,6
Винницкий	44	12,7

При оптимальных объемах зимней вывозки в исследованных лес-промхозах на каждые 1000 м<sup>3</sup> раскряжеванной древесины по группе основных и сопутствующих работ возможно снижение трудозатрат на 1—6 чел.-дн., себестоимости 1 м<sup>3</sup> лесопродукции — на 3—6 к. и количества машино-смен — на 0,4—6,1%.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В изученных леспромхозах и, вероятно, в других леспромхозах названных типов со сходными условиями производства преимущества зимнего периода лесозаготовок используются еще недостаточно. Для более полного их использования необходимо увеличить объем производства в зимний период на 10—15% по отношению к фактическому. Это приведет к улучшению основных технико-экономических показателей производства.

2. В приречных леспромхозах с молевым сплавом для достижения оптимальных значений экономических показателей требуется больший объем (доля) зимней вывозки, чем в прижелезнодорожных.

3. Однако значительное увеличение объемов (долей) зимней вывозки сверх оптимума нежелательно, так как вызовет резкое ухудшение экономических показателей.

И при фактических режимах производства, и при предлагаемых оптимальных вариантах в исследуемых леспромхозах неизбежны простои лесозаготовительных механизмов из-за неполной загрузки их в летне-осенний период. Предприятия не испытывают отрицательных последствий простоев, так как удорожание себестоимости при этом составляет несколько копеек на 1 м<sup>3</sup>. Но в целом по отрасли число простаивающих механизмов в летне-осенний период исчисляется тысячами единиц, что наносит народному хозяйству большой ущерб.

В то же время лесная промышленность испытывает острый недостаток в дорожно-строительной технике. Использование на дорожных работах простаивающих механизмов способствовало бы решению одной из самых острых проблем лесной промышленности — строительства лесовозных дорог. Для этого надо приспособить лесозаготовительную технику к работе с несколькими съемными орудиями труда: бульдозерными установками с гидроприводом — для трелевочных тракторов, экскаваторными ковшами — для челюстных погрузчиков, опрокидывающимися кузовами с гидроприводом — для лесовозных автомобилей-тягачей.

УДК 634.0.79

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОНДООТДАЧИ ДЛЯ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И. В. БЕЛИКОВА

Московский лесотехнический институт

На примере лесосплавных предприятий Европейского Севера и треста «Костромалесосплав» методом регрессионного анализа были установлены количественные зависимости фондоотдачи от действия ряда факторов. Многофакторные регрессионные модели фондоотдачи позволили оценить работу отдельных предприятий по сравнению со средними уровнями и выявить резервы повышения эффективности использования основных производственных фондов.

Проблема улучшения использования основных производственных фондов и определение показателей их эффективности имеют большое народнохозяйственное значение. В новых условиях планирования одним из важнейших показателей, характеризующих использование основных производственных фондов, является фондоотдача.

В лесосплавном производстве до настоящего времени показатель фондоотдачи не рассчитывается, отсутствуют и методические принципы его определения, а применяемый показатель рентабельности, характеризующий конечный результат деятельности предприятия, имеет ряд существенных недостатков, так как испытывает на себе сильное влияние несовершенных преysкурантных цен.

Например, в 1973 г. при средней фондорентабельности лесосплавного производства  $+6,8\%$  имелись убыточные предприятия и прибыльные. Так, внутри даже одного сплавного треста «Двиносплав» объединения «Архангельсклеспром» при средней рентабельности по тресту  $+15,9\%$  имелись убыточные предприятия ( $-14,0\%$  — Бобровский сплавной рейд) и высокорентабельные ( $+48,8\%$  — Беломорская сплавная контора).

Для оценки использования основных производственных фондов на уровне треста, объединения, министерства вполне приемлем показателем фондоотдачи, определяемый как отношение количества сплавленного леса (по пуску или прибытию) к среднегодовой стоимости основных производственных фондов. На уровне лесосплавных предприятий для сопоставимости мы предлагаем выражать фондоотдачу условным объемом приведенных к одной фазе лесосплавных работ, отнесенным к среднегодовой стоимости основных производственных фондов.

В качестве исходной информации мы использовали наблюдения по 26 сплавному предприятиям Архангельской и Костромской областей, Вычегодского и Печорского речных бассейнов за период с 1968 г. по 1973 г.

В данном исследовании ставилась задача установить зависимость фондоотдачи от действия ряда факторов по следующим вариантам: для аналогичных групп предприятий, то есть с учетом технологических схем (модели I и II); по речным бассейнам (трест «Двиносплав» — модель III, трест «Костромалесосплав» — модель IV,

сплавные организации Коми АССР — модель V) и в целом по всем исследуемым предприятиям, включая промышленно-производственные фонды (модель VI).

Количество факторов-аргументов и число наблюдений по каждой модели даны в табл. 1.

Таблица 1

№ модели	Функции	Совокупности предприятий	Количество	
			факторов-аргументов	наблюдений
I	$y_1 = \frac{Q_c}{\Phi_c}$	По технологическому признаку: с молевым проплавом	7	47
II	$y_2 = \frac{Q_c}{\Phi_c}$	с навигационной сплоткой	15	92
III	$y_3 = \frac{Q_c + Q_l}{\Phi_c + \Phi_l}$	По территориальному признаку: трест „Двинослав“	8	40
IV	$y_4 = \frac{Q_c + Q_l}{\Phi_c + \Phi_l}$	трест „Костромалесослав“	8	42
V	$y_5 = \frac{Q_c + Q_l}{\Phi_c + \Phi_l}$	сплавные организации Коми АССР	8	52
VI	$y_6 = \frac{Q_c + Q_l}{\Phi_c + \Phi_l}$	все исследуемые	9	138

Примечание.  $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$  — фондоотдача, м<sup>3</sup>/р.;  $Q_c$  и  $Q_l$  — объемы сплавных и промышленных работ, выраженные в условно-натуральных тыс. м<sup>3</sup>;  $\Phi_c$  и  $\Phi_l$  — стоимость основных производственных фондов сплава и лесозэксплуатации, тыс. р.

Выбранные факторы и их обозначения сведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Факторы-аргументы, влияющие на фондоотдачу, для моделей					
	I	II	III	IV	V	VI
Стоимость основных производственных фондов, тыс. р.	—	$x_1$	$x_1$	$x_1$	$x_1$	$x_1$
Доля активной части, %	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$	$x_2$
Общая протяженность сплавных путей, км	—	$x_3$	$x_3$	$x_3$	$x_3$	$x_3$
Фондовооруженность труда одного рабочего, тыс. р.	—	$x_4$	$x_4$	$x_4$	$x_4$	$x_4$
Доля рабочих на сплаве в общей численности производственных рабочих, %	—	$x_5$	$x_5$	$x_5$	$x_5$	$x_5$
Доля подготовительно-вспомогательных работ в общих трудовых затратах, %	—	$x_6$	$x_6$	$x_6$	$x_6$	$x_6$
Количество бонсов на 1 км, пог. м	$x_7$	$x_7$	$x_7$	$x_7$	$x_7$	$x_7$
Коэффициент интенсивности обновления, %	—	—	$x_8$	$x_8$	$x_8$	$x_8$
Количество сплавных рек, всего	$x_9$	$x_9$	—	—	—	$x_9$
Объем выполненных работ, тыс. м <sup>3</sup>	$x_{10}$	—	—	—	—	—
Коэффициент выбытия, %	—	$x_{11}$	—	—	—	—
Коэффициент технической годности, %	$x_{12}$	$x_{12}$	—	—	—	—
Трудовые затраты на подготовительно-вспомогательные работы, тыс. чел.-дн.	$x_{13}$	—	—	—	—	—
Протяженность молевого проплава, км	$x_{14}$	—	—	—	—	—
Объем навигационной сплотки, тыс. м <sup>3</sup>	—	$x_{15}$	—	—	—	—
Объем бессортной сплотки, тыс. м <sup>3</sup>	—	$x_{16}$	—	—	—	—
Выработка на 1 чел.-дн. на навигационной сплотке, м <sup>3</sup>	—	$x_{17}$	—	—	—	—

Форму связи определяли эмпирически. В результате была выбрана линейная форма как наиболее простая и удобная. Расчеты проводили на ЭВМ «Минск-22» по программе ПРА-3.

На первом этапе исследования была учтена статистическая достоверность коэффициентов парной корреляции. Анализ матрицы парных коэффициентов корреляции показал, что некоторые из выбранных факторов связаны между собой зависимостью, близкой к функциональной. Например, по тресту «Костромалесосплав» (модель IV)  $r_{x_5, x_6} = 0,849$ , поэтому фактор  $x_6$  не вошел в исследуемую модель.

Конечные уравнения регрессии после отсева малоинформативных и коррелирующих факторов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Уравнения регрессии	Дисперсионное отношение		Коэффициент множественной корреляции $R$	Коэффициент множественной детерминации $D$
	$F_1$	$F_2$		
$y_1 = 1,416 + 0,429x_2 + 0,00574x_7 +$ $+ 0,167x_9 + 0,000415x_{10} - 0,0537x_{12} +$ $+ 0,0000136x_{13} - 0,0110x_{14}$	2,871	13,293	0,807	0,652
$y_2 = 0,484 + 0,000203x_1 + 0,00635x_2 -$ $- 0,00119x_3 - 0,123x_4 + 0,0189x_5 -$ $- 0,000736x_7 - 0,00871x_{11} - 0,000285x_{15} -$ $- 0,000922x_{16} + 0,0368x_{17}$	6,991	55,515	0,926	0,857
$y_3 = 9,237 - 0,0234x_2 - 1,812x_4 + 0,0118x_5$	4,632	48,217	0,886	0,801
$y_4 = 2,976 - 0,0197x_2 + 0,00371x_3 -$ $- 0,356x_4 + 0,0214x_5$	4,319	35,019	0,877	0,791
$y_5 = 4,546 + 0,00119x_3 - 0,764x_4 -$ $- 0,0147x_5 + 0,0270x_6 - 0,0730x_8$	3,910	30,685	0,863	0,769
$y_6 = 5,0923 - 0,0001187x_1 - 0,0133x_2 +$ $+ 0,000740x_3 - 0,5227x_4 + 0,00155x_7 +$ $+ 0,04786x_9$	3,670	62,055	0,853	0,728

Значимость оставшихся членов конечных уравнений определяли, сравнивая фактические значения критерия  $t_{ai}$  (Стьюдента) с табличным  $t_r$ . Все приведенные в табл. 3 члены уравнений значимы.

Кроме того, критерии Стьюдента по всем исследуемым моделям были сведены в таблицу и проранжированы на предмет согласованности фактических показателей с теоретическими. При коэффициенте конкордации  $S=0,293$  достоверность критерия согласия  $\chi^2$  оказалась равной 28,1, что больше табличного значения (26,3) при 95%-ной вероятности. В результате ранжирования было выявлено, что наибольшее влияние на показатель фондоотдачи оказывают: фондовооруженность труда  $x_4$ , удельный вес активной части  $x_2$  и доля рабочих на сплаве в общей численности производственных рабочих  $x_5$ .

Все модели адекватны, так как расчетные значения критерия Фишера превосходят табличные для 5%-ного уровня значимости. Адекватность уравнений проверяли также методом прямого счета при использовании средних арифметических величин факторов. Ошибка для всех исследуемых моделей была в пределах 1%.

Коэффициенты множественной корреляции (табл. 3) указывают на достаточно сильную связь с фондоотдачей факторов, включенных в модели. Коэффициенты множественной детерминации свидетельствуют, что изменение исследуемых величин на 65—85% зависит от рассматриваемых факторов.

Интерпретация коэффициентов регрессии в полученных уравнениях не противоречит экономической теории. Полученные уравнения регрессии позволяют количественно оценить влияние на фондоотдачу каждого из исследуемых факторов на единицу его измерения при фиксированном значении других. Так, увеличение каждого фактора-аргумента на единицу его измерения по модулю дает изменение фондоотдачи для I модели на 4,46 пункта; II — на 5,67; III — на 1,47; IV — на 1,47; V — на 1,59; VI — на 1,00.

Таким образом, многофакторные регрессионные модели позволяют оценить работу отдельных предприятий по сравнению со средними уровнями и выявить резервы повышения эффективности использования основных производственных фондов.

Поступила 4 июля 1975 г.

УДК 634.0.79.003.13

## О НЕКОТОРЫХ ФОРМАХ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЗАТРАТ

Т. А. КИСЛОВА

Львовский лесотехнический институт

Рассматриваются формы проявления экономического эффекта затрат, а также понятия недополученной прибыли и упущенной выгоды.

В условиях высокого уровня экономического потенциала, достигнутого нашей страной к концу девятой пятилетки, большое значение приобретает дальнейшее повышение эффективности вложений, которое Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Л. И. Брежнев назвал нашим главным резервом\*. Интенсификация общественного производства придает поистине решающее значение проблеме выбора оптимального варианта вложений, а следовательно, и вопросам измерения экономической эффективности материальных и трудовых затрат.

В связи с этим определенный интерес представляет более детальное рассмотрение характера и форм проявления эффекта. Являясь результатом каких-либо затрат, которые независимо от своего характера (трудовые, материальные, денежные) всегда представляют собой экономическую категорию, эффект может относиться к различным категориям. Так, затраты на здравоохранение, просвещение, развитие культуры и науки, на благоустройство городов и населенных пунктов, организацию отдыха населения и т. п. имеют своим прямым результатом эффект, не относящийся к области экономики.

Под экономическим эффектом затрат, по нашему мнению, следует понимать обусловленный ими тот или иной полезный результат, получаемый в сфере хозяйственной деятельности (в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте, в торговле и т. п.). Этот результат может иметь различные измерители: натуральные, трудовые (человеко-дни или человеко-часы), временные (например, для измерения ускорения оборачиваемости оборотных средств), стоимостные, а также может быть без размерности. Так, эффект в виде улуч-

\* Брежнев Л. И. Речь на торжественном заседании ЦК Компартии Молдавии и Верховного Совета Молдавской ССР, посвященном 50-летию Советской Молдавии. «Экономическая газета», 1974, № 42.

шения качества продукции, квалификационного состава рабочей силы, повышения коэффициента полезного действия машины и т. п. характеризуется либо с помощью соответствующих коэффициентов (сортности, тарифных), либо измеряется в процентах.

Одни и те же затраты могут давать эффект не одного, а нескольких видов, к тому же в различных сферах приложения труда. В связи с этим, по нашему мнению, следует различать первичный и конечный эффект затрат. При переходе от первичного эффекта к конечному может иметь место промежуточный эффект. Так, например, первичным эффектом затрат на организацию спортивной работы, создание баз отдыха и т. п. является оздоровление населения, улучшение условий его отдыха, использование досуга и пр., то есть социологический эффект; в качестве промежуточного эффекта здесь выступает улучшение баланса рабочего времени, сокращение неявок на работу по болезни, повышение производительности труда, прирост объема производства, а в конечном счете это ведет к увеличению национального дохода и повышению материального благосостояния народа. Таким образом, одни и те же затраты вызывают ряд или «цепочку» взаимосвязанных эффектов\*.

Одна из форм эффекта вложений — предотвращение потерь. Этот эффект служит результатом затрат, направленных на сохранение объема производства, качества и себестоимости продукции на достигнутом уровне и устранение причин, ведущих к его снижению. Таков, например, эффект затрат, связанных с нейтрализацией неблагоприятных естественных процессов. Экономический эффект таких затрат измеряется той частью прибыли или продукции, которая без этих затрат неизбежно была бы потеряна.

На практике отдельные формы проявления эффекта затрат обычно сопутствуют друг другу: предупреждение потерь, как правило, сопровождается увеличением производства продукции и ее удешевлением. Например, противоэрозионные лесонасаждения, предотвращая потери урожая на землях, подверженных эрозии, в то же время действуют и как полезательные полосы, в связи с чем урожайность на защищаемых участках оказывается выше средней для данного района, а выращиваемая продукция — более дешевой. Таким образом, эти формы проявления экономического эффекта тесно переплетаются между собой.

Иногда к предупреждаемым потерям относят так называемую упущенную выгоду. Рассмотрим этот вопрос более подробно. Довольно широкое понятие «упущенная выгода» допускает различные толкования. Сюда, например, может быть отнесена недополученная предпринятием запланированная прибыль. Если предприятие в силу каких-либо причин не выполнило установленный план выпуска продукции по объему, качеству или ассортименту, то оно, естественно, лишается и соответствующей части прибыли. Кроме того, наряду с ущербом в виде недополученной прибыли предприятие в таких случаях несет прямые потери в виде остающихся неиспользованными производственных заделов, возможных простоев специализированного оборудования, рабочих и т. п. Учет такого рода упущенной выгоды, равно как и связанных с ней прямых потерь, ведется на предприятиях в обязательном порядке. Как известно, действующее законодательство при невы-

\* Ограниченный размер статьи не позволяет рассмотреть вопрос о том, где, в каком звене этой цепочки определение величины эффекта наиболее целесообразно для характеристики рассматриваемых затрат.

полнении поставщиками своих обязательств предусматривает возмещение ими потерь, возникших в связи с этим у потребителей, в том числе — недополученной прибыли.

Таким образом, недополученная прибыль представляет собой ущерб, связанный с нарушением нормального хода производственного процесса; ущерб, который возникает, несмотря на затраты, произведенные для обеспечения нормальных условий производства. Если для исправления создавшегося ненормального положения на предприятии производятся дополнительные затраты — на доставку недостающего сырья или материалов от более отдаленных поставщиков, на исправление допущенного брака и т. п., благодаря чему план реализации окажется выполненным, то и в этом случае все равно какая-то часть прибыли останется недополученной, так как дополнительные затраты повысят себестоимость продукции и соответственно снизят сумму прибыли. Однако дополнительные затраты сохраняют часть прибыли, которая при их отсутствии оказалась бы недополученной. Результат, который дают затраты на исправление ненормального положения, является их эффектом. Этот эффект представляет собой прибыль на вновь вложенные средства и не имеет прямой связи с первоначальными затратами или недополученной от них прибылью. Эффект таких дополнительных затрат обычно ниже, чем эффект первоначальных затрат, то есть прибыль при сохранении нормальных условий производства выше, чем в результате исправления отклонений от этих условий.

То обстоятельство, что эффект дополнительных затрат является частью прибыли, которая была бы получена при сохранении нормальных условий производства, не имеет никакого значения для сущности этого эффекта и не дает оснований рассматривать его как особый вид эффекта.

Недополученная прибыль отличается от потерь, которые составляют основу экономического эффекта, получаемого при их предупреждении. Основные различия между ними: 1) упомянутые потери — следствие естественных процессов, а недополучение прибыли вызвано отклонением от нормального хода производства; 2) эти потери неизбежны при отсутствии мер по их предупреждению, чего нельзя сказать о недополучении прибыли. Таким образом, эффект, заключающийся в сокращении недополученной прибыли, нельзя отождествлять с эффектом от предотвращения потерь.

К понятию упущенной выгоды иногда относят выгоду, упускаемую вследствие непринятия необходимых мер. Например, предприятие, где не налажено использование отходов производства, упускает ту прибыль, которую оно могло бы получить, утилизируя эти отходы; из-за отсутствия осушительной мелиорации древостой имеют пониженный прирост, вследствие чего народное хозяйство получает меньше древесины; из-за плохой рекламы сбыт каких-либо товаров ниже имеющихся возможностей, и прибыль торговых предприятий соответственно меньше.

Во всех приведенных примерах речь идет об упущенной выгоде, которая представляет собой «потерю» того, чем мы не владели и для получения чего никаких затрат не производили. Недополученная прибыль — результат снижения отдачи на затраченные средства и, следовательно, представляет собой реальный ущерб, упущенная же выгода совершенно не связана с какими бы то ни было вложениями и потому является ущербом мнимым. Она характеризует возможный эффект будущих затрат, то есть тот результат, который будет получен после

соответствующих вложений средств. Но пока нет затрат, не может быть и результата, эффекта. Подсчет результата предупреждения многого ущерба лишен всякого смысла.

Поступила 6 октября 1975 г.

УДК 634.0.79

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК И ИХ АМОРТИЗАЦИИ

Е. С. РОМАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Отмечены ошибки в практике классификации основных фондов лесотранспорта и неточности норм амортизации; указаны направления совершенствования учета.

Переоценка основных фондов по состоянию на 1 января 1972 г. и введение с 1975 г. новых норм амортизационных отчислений существенно повысили влияние основных фондов на экономические показатели. Естественно, что выше стала цена всякого рода ошибок и неточностей в статистике и учете показателей, связанных с основными фондами. Начнем с классификации промышленно-производственных основных фондов лесозаготовительной промышленности. Известно, насколько велика на лесозаготовках роль транспортных процессов. На вывозке леса сейчас все шире используются большегрузные (и дорогостоящие) автопоезда. Потребность отрасли в них резко возросла в связи с необходимостью сократить молевой сплав по малым рекам и увеличить объем вывозки древесины к путям железнодорожного транспорта общего пользования, то есть на значительно большие расстояния. И хотя лесозаготовители не удовлетворены темпами поступления новых средств автотранспорта, все же в последние годы количество и стоимость их быстро растут.

В то же время статистика показывает снижение доли транспортных средств. И дело вовсе не в том, что другие группы растут опережающими темпами. Причина намного проще: в соответствии с указаниями о порядке переоценки основных фондов все лесовозные автопоезда зачислены не в транспортные средства, а в группу «рабочие машины и оборудование».

Нелепость этого шага очевидна. Современный лесовозный автотранспорт работает на расстояниях 50—80 км и более, причем нередко на дорогах общего пользования, то есть как в транспортной отрасли. Можно сказать, что лесовозный автотранспорт становится «более транспортным», а статистика исключила его из транспортных средств.

В связи с этим следует напомнить, что, несмотря на утрату прежних позиций, на лесозаготовках все еще довольно широко применяется узкоколейный железнодорожный транспорт. Тепловозы, платформы, сцепы по-прежнему числятся как транспортные средства. Таким образом, получается, что в одних предприятиях подвижной состав лесотранспорта включен в группу «Рабочие машины», в других — в «Транспортные средства». Разнобой усиливается, если обратиться к новым нормам амортизационных отчислений. Там лесовозный автотранспорт значится в разделе «Транспортные средства»!

Возможно, тех, кто при переоценке рекомендовал считать лесовозные автомобили рабочими машинами, ввела в заблуждение позиция

44403 норм амортизации (по новому справочнику), именуемая «Автолесовозы». Но автолесовоз — это специальная машина, работающая не на лесозаготовках, а на перевозке пиломатериалов от лесозавода на биржу. С лесовозным автотранспортом у автолесовоза нет ничего общего.

Таким образом, налицо явная путаница. Чтобы устранить ее, ЦСУ должно четко указать, что лесовозные автомобили следует относить к группе «Транспортные средства».

Если в только что рассмотренном вопросе необходимо вернуться к прежней методологии, то в других случаях, наоборот, целесообразно пойти на изменения.

В 1969 г. Минлеспрому СССР было разрешено значительно расширить строительство лесовозных дорог за счет себестоимости лесопродукции. В 1972—1974 гг. были сделаны дальнейшие шаги в этом направлении, и сейчас в действующих леспромхозах все лесовозные дороги, вплоть до магистральных, строятся за счет себестоимости. Строительство дорог — непромышленная деятельность, поэтому совершенно справедливо персонал, занятый дорожным строительством, был исключен из промышленно-производственного. А дорожно-строительная техника — бульдозеры, экскаваторы, грейдеры, автосамосвалы — остаются в составе промышленно-производственных основных фондов. И по сути, и ради последовательности формирования всех экономических показателей (имея в виду персонал и основные фонды, производительность труда и фондоотдачу) дорожно-строительные машины леспромхозов следует считать основными фондами других отраслей (фонды строительного назначения).

Наконец, еще один вопрос классификации. Некоторые леспромхозы имеют на балансе железнодорожные ветки широкой колеи. По ним готовая продукция леспромхозов доставляется (кстати, в вагонах МПС) в общую транспортную сеть. Стоимость такой ветки нередко равна стоимости всех остальных промышленно-производственных основных фондов. Так, в Шоношском леспромхозе объединения «Архангельсклеспром» ветка стоит более 5 млн. р., при общей стоимости промышленно-производственных основных фондов 12 млн. р. Очевидно, что фондоотдача по этому предприятию значительно ниже, чем в родственных предприятиях, не имеющих таких веток. Хорошее предприятие, богато оснащенное новой техникой и располагающее сильным коллективом, выглядит явно отстающим по фондоотдаче.

Не ясно ли, что подобные железнодорожные ветки не могут считаться внутривозовскими путями? Это внезаводской транспорт, ничем не отличающийся от транспорта общего пользования, и поэтому место этих веток — в группе основных фондов других отраслей.

Устранение недоразумения с лесовозным автотранспортом обеспечит более правильное представление о классификации основных фондов лесозаготовок, но не отразится на величине фондоотдачи и фондоемкости. Принятие предложений об отнесении дорожно-строительных машин и ширококолейных веток в группу фондов других отраслей изменит и структуру, и фондоотдачу (повысит ее). Оба эти шага были бы приближением к истине.

Этого, к сожалению, нельзя сказать о последствиях уже упоминавшегося строительства лесовозных магистралей и веток за счет себестоимости лесопродукции. По указаниям Минлеспрома, эти объекты в 1974 и 1975 гг. включались в основные фонды, хотя по «Положению о порядке планирования, начисления и использования амортизационных отчислений» этого не следовало делать. Новым распоряжением министерства противоречие устранено, и теперь магистралей и ветки,

построенные за счет себестоимости лесопродукции, не должны включаться в основные фонды, а ранее отнесенные следует исключить. То, что этот акт—внеэкономический, очевидно. Следствиями его будут преувеличение фондоотдачи, сокращение доли сооружений и повышение доли «активной части» основных фондов, в равной мере не соответствующие действительности. Эти показатели и их динамика до и после 1 января 1975 г. окажутся несравнимыми. Сравнимость и справедливые их оценки при анализе могут быть обеспечены лишь специальной корректировкой данных об основных фондах сведениями из забалансового счета № 12, где теперь должна отражаться стоимость магистралей и веток, построенных за счет себестоимости лесопродукции.

В заключение несколько замечаний о новых нормах амортизационных отчислений. В них нечетко сформулированы позиции, касающиеся автодорог. На практике приходилось наблюдать, как отчисления по грунтовым дорогам одного и того же класса планируют и начисляют и по 8,4%, и по 13,2%.

Лесовозному автотранспорту «не повезло» и с нормами амортизации. На стр. 111—112 «Норм» о поправочных коэффициентах сказано так, что можно принимать два коэффициента: 1,3 — чтобы учесть тяжелые дорожные условия, и 1,25 — «для машин, постоянно работающих на вывозке леса из лесосек», а можно применить и еще один коэффициент — 1,1 — для машин, работающих с прицепами.

Для платформ и мотовозов узкоколейных лесовозных дорог установлен повышающий коэффициент (2,5) к нормам на полное восстановление, а следует ли применять эту поправку для тепловозов и сцепов — неясно.

Загронутые здесь вопросы касаются не только учета. Устранение отмеченных недостатков и совершенствование учета — условия усиления экономического стимулирования и правильной, объективной оценки результатов работы.

---

Поступила 27 октября 1975 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.812

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ И ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

К. Ф. ДЬЯКОНОВ, Т. К. КУРЬЯНОВА

Воронежский лесотехнический институт

В статье приведены экспериментальные данные о снижении гигроскопичности древесины березы в зависимости от термообработки: снижение тем больше, чем выше температура и продолжительнее ее действие. Установлено, что приобретенное древесиной свойство сохраняется и после длительного хранения и в той же зависимости, что и до хранения.

Исследования по изменению гигроскопичности древесины при термообработке проведены нами на древесине березы при воздействии температур 80, 100, 115, 130 и 140°C и продолжительности действия каждой из них 6, 12, 24, 48 и 96 ч.

Установлено, что снижение гигроскопичности пропорционально температуре обработки и продолжительности нагрева. Зависимости равновесной влажности древесины березы от воздействия указанных тепловых режимов при длительности обработки 96 ч и при различных значениях влажности окружающей среды (от 20 до ~ 100%) приведены на рис. 1. Эти зависимости получены непосредственно после термообработки древесины.

Чтобы установить, насколько приобретенное свойство древесины устойчиво во времени, образцы древесины березы, обработанной в июле 1964 г., хранили до сентября 1973 г. при температурно-влажностных условиях жилой комнаты. Условия не поддерживали на каком-то определенном уровне и не контролировали. Как и образцы сосны\*, образцы березы хранили около 5 лет в Архангельске, а затем в Воронеже. Во время длительного хранения они подвергались различным температурно-влажностным воздействиям, зависящим от географических зон хранения и времени года, а также суточным изменениям температуры и влажности и др.

За три месяца до контрольной проверки на влажность образцы помещали в лабораторию, где температура воздуха колебалась от 20 до 25°C, а влажность воздуха — от 50 до 60%. При проверке после 9-летнего хранения установлено, что влажность отдельных образцов древесины березы не выровнялась. Наблюдалась та же зависимость, которая была получена непосредственно после термообработки, то есть те образцы, которые ранее нагревали при более высокой температуре и более длительное время, имели и более низкую влажность (рис. 2).

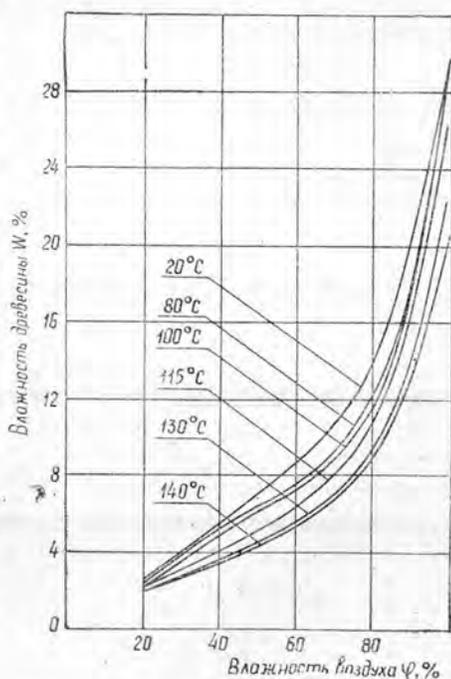
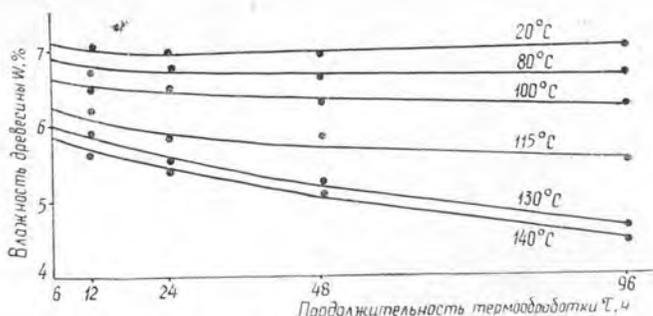


Рис. 1.

\* Дьяконов К. Ф., Курьянова Т. К. Влияние длительного хранения древесины, подвергавшейся нагреванию, на ее гигроскопичность. — «Деревообрабатывающая промышленность», 1973, № 10.

Рис. 2.



Нами проведено сравнение влажности отдельных образцов до длительного хранения и после него. Влажность образцов после длительного хранения (рис. 2) принимали как среднюю равновесную влажность, соответствующую тем условиям среды, при которых образцы хранили непосредственно перед проверкой. Влажность образцов после термообработки, но до длительного хранения (рис. 1) для сравнения брали также средней и определяли как среднее арифметическое влажности древесины, соответствующее влажности воздуха 50 и 65%.

Результаты приведены в табл. 1, из данных которой видно, что влажность образцов после длительного хранения несколько ниже (на 0,4—0,6%) той, которая была у этих образцов сразу же после термообработки. Если пренебречь этим уменьшением влажности (что для практических целей не имеет существенного значения), то можно сделать вывод, что приобретенное древесиной березы свойство снижения гигроскопичности, в результате термообработки, при длительном ее хранении сохраняется. Поскольку ранее нами получены аналогичные результаты для древесины сосны, то этот вывод можно отнести к древесине в целом.

Таким образом, установлено, что процесс снижения гигроскопичности древесины в результате термообработки необратим.

Таблица 1

Температура обработки, °C	Средняя влажность древесины до хранения, % (по рис. 1)	Средняя влажность древесины после длительного хранения, % (по рис. 2)
80	7,2	6,7
100	6,9	6,3
115	6,0	5,5
130	5,2	4,7
140	5,1	4,6

УДК 674.023

## ПРЯМОУГОЛЬНОЕ И КОСОУГОЛЬНОЕ БЕССТРУЖЕЧНОЕ РЕЗАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Н. Ф. КУРАПЦЕВ

КарНИИЛП

Статья посвящена бесстружечному резанию древесины поперек волокон. Приведены общие уравнения, пригодные для расчета силы резания и удельной работы как для прямоугольного, так и косоугольного резания. Приведены графики зависимости силы резания, удельной работы и производительности резания от угла наклона ножа к вектору скорости резания.

В отечественной [1], [3] и зарубежной практике [2] в устройствах бесстружечного резания древесины поперек волокон используют принцип прямоугольного и косоугольного резания.

В настоящей статье сделана попытка, на основании проведенных в ЦНИИМЭ и КарНИИЛПе теоретических и экспериментальных исследований, выяснить некоторые аспекты сравнительной эффективности прямоугольного и косоугольного ре-

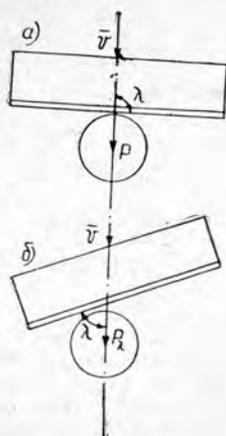


Рис. 1. Схемы резания.

*a* — прямоугольного; *б* — косоугольного.

зания с учетом взаимосвязи таких факторов, как сила резания, удельная работа и производительность резания.

На рис. 1 представлены схемы прямоугольного ( $\lambda = 90^\circ$ ) и косоугольного ( $\lambda \neq 90^\circ$ ) резания древесины круглого сечения.

Уравнения для определения силы резания, удельной работы и производительности резания имеют вид

$$P_\lambda = P_\lambda \cdot C + P_{гр} \cdot B + P_n; \quad (1)$$

$$K_\lambda = \frac{1}{\sin \lambda} (K_\lambda \cdot C + K_{гр} \cdot B + K_n); \quad (2)$$

$$\Pi_\lambda = \Pi \cdot \sin \lambda,$$

где  $P_\lambda$ ,  $K_\lambda$  и  $\Pi_\lambda$  — соответственно сила резания, удельная работа и производительность чистого резания при угле наклона ножа к вектору скорости резания, не равном  $90^\circ$  (косоугольное резание);

$\lambda$  — угол наклона лезвия ножа к вектору скорости резания;

$P_\lambda$ ,  $P_{гр}$  и  $P_n$  — силы взаимодействия лезвия и граней реза с древесиной и сила взаимодействия полотна ножа с древесиной для случая прямоугольного резания;

$K_\lambda$ ,  $K_{гр}$  и  $K_n$  — удельная работа соответственно сил взаимодействия лезвия, граней и полотна ножа с древесиной для прямоугольного резания;

$\Pi$  — производительность чистого резания при прямоугольном резании;

$C$  и  $B$  — коэффициенты, зависящие от угла  $\lambda$ , от коэффициента трения и параметров лезвия и граней реза ножа.

Для случая прямоугольного резания коэффициенты  $C$  и  $B$  в уравнениях (1) и (2) равны единице. Уравнения можно упростить, если пренебречь силой взаимодействия лезвия с древесиной, так как в общем балансе это малая величина, тогда имеем

$$P_\lambda = P_{гр} \cdot B + P_n;$$

$$K_\lambda = \frac{1}{\sin \lambda} (K_{гр} \cdot B + K_n),$$

$$\text{где } B = \frac{\text{tg}^2 \delta \cdot \sin \lambda \sqrt{\cos^2 \delta + \sin^2 \lambda \cdot \sin^2 \delta} + f_{гр}}{\sqrt{1 + \sin^2 \lambda \cdot \text{tg}^2 \delta} (1 + f_{гр} \cdot \text{ctg} \delta)};$$

$f_{гр}$  — коэффициент трения граней ножа о древесину;

$\delta$  — половина угла заострения симметричного реза ножа.

Для случая прямоугольного резания древесины круглого сечения максимальное значение силы взаимодействия граней реза ножа

$$P_{гр} = p_{гр} \cdot F_{гр} (\sin \delta + f_{гр} \cdot \cos \delta),$$

но

$$F_{гр} = \frac{2}{\cos \delta} \left[ \int_0^{l_y} b_x \cdot dl_y - \int_0^{l_y - \frac{h \text{ctg} \delta}{2}} b'_x \cdot dl'_y \right],$$

здесь  $F_{гр}$  — площадь контакта граней реза с древесиной во время резания;

$b_x$  и  $b'_x$  — переменная длина контакта соответственно кромок реза ножа и полотна ножа с древесиной;

$p_{гр}$  — нормальное давление на грани симметричного реза;

$h$  — толщина ножа.

Интегрируя это выражение и подставив его в формулу при  $l_y = mD$ , получим значение площади контакта реза с древесиной ( $D$  — диаметр реза;  $m$  — коэффициент, равный отношению глубины внедрения ножа\* в древесину круглого сечения  $l_y$  к диаметру реза; этот коэффициент зависит [5] от породы древесины, толщины и ширины ножа и угла заострения).

Максимальное значение силы взаимодействия полотна ножа можно определить, если в формулу

$$P_n = p_n \cdot F_n \cdot f_n$$

подставим выражение

$$F_n = 2 \int_0^{l_y - \frac{h \operatorname{ctg} \delta}{2}} b_x d \left( l_y - \frac{h \operatorname{ctg} \delta}{2} \right) \text{ при } l_y = D.$$

После подстановки  $F_{гр}$  и  $F_n$  получим

$$P_{гр} = p_{гр} \left\{ D(2m-1) \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{D^2}{4}(2m-1)^2} + \frac{D^2}{2} \left[ \arcsin(2m-1) + \frac{\pi}{2} \right] - [D(2m-1) - h \operatorname{tg} \delta] \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{1}{4} [D(2m-1) - h \operatorname{ctg} \delta]^2} + \frac{D^2}{2} \left( \arcsin \frac{D(2m-1) - h \operatorname{ctg} \delta}{D} + \frac{\pi}{2} \right) \right\} \operatorname{tg} \delta + f_{гр};$$

$$P_n = p_n f_n \left\{ [D(2m-1) + h \operatorname{ctg} \delta] \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{1}{4} [D(2m-1) - h \operatorname{ctg} \delta]^2} + \frac{D^2}{2} \left( \arcsin \frac{D(2m-1) - h \operatorname{ctg} \delta}{D} + \frac{\pi}{2} \right) \right\},$$

где  $F_n$  — площадь контакта полотна ножа с древесиной во время резания;

$p_n$  — нормальное давление на полотно ножа;

$f_n$  — коэффициент трения полотна ножа о древесину.

В общем виде удельная работа при прямоугольном резании

$$K = \frac{P_{ср} \cdot D}{\frac{\pi D^2}{4}},$$

но

$$P_{ср} = (P_{гр} + P_n)_{ср};$$

тогда, преобразуя, получим

$$K = 1,27 \frac{(P_{гр} + P_n)_{ср}}{D};$$

$$K_{гр} = 1,27 \frac{P_{грср}}{D};$$

$$K_n = 1,27 \frac{P_{нср}}{D}.$$

Подставив значения сил  $P_{гр}$  и  $P_n$  в формулу (1), а  $K_{гр}$  и  $K_n$  — в выражение (2), можно определить  $P_\lambda$  и  $K_\lambda$ .

Силу резания, удельную работу и производительность резания рассчитывали для следующих условий: толщина ножа 10 мм; угол заострения симметричного реза

\* Имеется в виду глубина внедрения ножа, на которой сила резания достигает максимального значения.

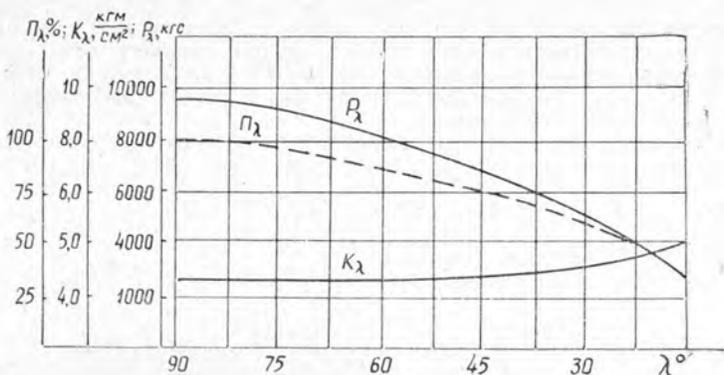


Рис. 2. Зависимость силы резания, удельной работы и производительности чистого резания от угла между лезвием ножа и вектором скорости резания.

ножа 30°; ширина ножа 300 мм; порода древесины — береза; диаметр срезаемых образцов древесины — около 20 см; влажность древесины 60—70%; температура древесины положительная; скорость резания 0,2 м/с; коэффициент трения 0,25; коэффициент  $m = 0,53$ .

Зависимость силы  $P_\lambda$  и удельной работы  $K_\lambda$  резания от угла  $\lambda$  (рис. 2) проверена экспериментально [4]. Анализ представленных на рис. 2 графиков позволяет сделать следующие выводы:

- 1) предпочтение следует отдать косоугольному резанию;
- 2) при косоугольном резании угол  $\lambda$  не должен быть меньше 45°, так как при дальнейшем его уменьшении удельная работа растет;
- 3) так как при косоугольном резании производительность уменьшается, необходимо при выборе и проектировании режущего органа учитывать согласованность его производительности с производительностью других механизмов, установленных в технологическом потоке; при этом увеличения производительности можно достичь за счет повышения скорости резания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ивановский Е. Г. и др. Станки и инструменты по механической обработке древесины. Методическое пособие. Л., 1961. [2]. Изучение и обобщение зарубежного опыта механизации лесозаготовок. — Отчет ЦНИИМЭ, М., 1967. [3]. Коршунов А. Н. Исследование процесса резания древесины режущими инструментами перпендикулярно направлению волокон. Дис. на соиск. учен. степени канд. наук. Л., 1955. [4]. Курапцев Н. Ф. Определение сил, действующих на резец при косоугольном резании. — Сборник научных работ КарНИИЛПа, 1969. [5]. Курапцев Н. Ф. К расчету силы для бесстружечного резания древесины. — Вторая научно-техническая конференция по лесославу. Л., 1972.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 634.0.165.6

**О ПРЕПОДАВАНИИ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ  
В ЛЕСНЫХ ВУЗАХ\***

В ряду важнейших задач, которые лесовод решает уже сегодня, а в ближайшем будущем станет решать все возрастающими темпами, стоит проблема повышения продуктивности и улучшения качества наших лесов. Один из способов разрешения этой проблемы — генетико-селекционное улучшение лесов, внедрение в их состав лучших форм деревьев, создание лесных культур на селекционной основе. Именно на этом пути сортового растениеводства сумело достигнуть высоких результатов сельскохозяйственное производство.

В лесном хозяйстве, как и в сельском, широко используют методы улучшения климатической и почвенной среды древесных растений, их защиты и охраны, но этого недостаточно. Важно, чтобы существующие в настоящее время лесные популяции тех или иных видов (пород) соответствовали условиям среды, в которых они растут. Не менее важно, чтобы для этих варьирующих и новых условий среды мы имели бы новые, более продуктивные и высококачественные сорта и гибриды основных наших древесных пород. Положение здесь, в сущности, даже сложнее, чем в сельском хозяйстве, так как объекты лесной селекции многолетни, имеют длительный онтогенез. Специфичность этой проблемы подчеркнута образным выражением В. Н. Сукачева о преодолении времени в лесоводстве.

Следует выделить два направления в этой работе: 1) создание новых высококачественных сортов и гетерозисных гибридов и разработка правил агротехники для них; 2) правильное использование новых сортов и гибридов в производстве, для чего необходимы кадры, способные вести лесное хозяйство на селекционной основе.

Лесохозяйственное производство в нашей стране на каждом шагу сталкивается с такими вопросами, как географическое районирование культур и семенного хозяйства, дифференцированное использование географических рас и популяций, почвенных экотипов, фенологических форм и лучших биотипов, ранняя диагностика при оценке культур и естественных молодняков, выведение ценных гибридов, их размножение и районирование, совместимость прививок на лесосеменных плантациях, создание резервного маточного фонда из лучших деревьев и популяций и др.

Встает вопрос, в состоянии ли инженер лесного хозяйства, получивший подготовку по действующему учебному плану, успешно и квалифицированно решать перечисленные задачи в своей повседневной и тем более будущей практической деятельности. Ответ может быть только отрицательным.

Дело, прежде всего, в том, что в течение ряда лет вопросам генетики, селекции и семеноводства не уделялось должного внимания в вузах. Так, в еще действующем с 1965 г. учебном плане (и в его варианте 1967 г.) на лекционный курс «Лесная селекция» было отведено всего 18—20 часов. Проверка знаний ограничена зачетом, притом без дифференцированной оценки. При установленном для профессора или доцента минимуме лекционной нагрузки курс этот может быть лишь добавкой к другой, основной дисциплине лектора. Следовательно, нельзя обеспечить преподавание курса высококвалифицированным специалистом в этой области знаний. Не меняет положения и новый учебный план 1974 года, вступивший в силу с 1. IX. 1975 г. Число часов не изменилось, экзамена по-прежнему нет.

Преподавание «Лесной селекции» было предусмотрено планом на II курсе, когда студенты еще не имеют подготовки по основным базисным дисциплинам, не знают даже древесных пород. Само название курса не отражает его содержания, так как в действующей с 1966 г. программе указаны три раздела: генетика, селекция и семеноводство. Таким образом, важная профилирующая дисциплина, по которой имеются дипломное проектирование и аспирантура, в лесных вузах была низведена до уровня второстепенного общеобразовательного предмета. В новом плане преподавание дисциплины под новым наименованием «Лесная селекция и генетика» перенесено на IV курс. Поскольку эта дисциплина сама служит базисной для некоторых других, например, для лесоустройства (организация семенной базы на селекционной основе, выделение генетических фондов), для разделов лесоводства о рубках ухода (отбор деревьев), рубках возобновления (отбор семенников) и др., перенесение ее на последний 8-й семестр также недостаточно обосновано. Название курса опять не передает всего содержания.

\* Печатается в порядке обсуждения.

В итоге та сумма знаний и навыков, которые получает лесовод по дисциплине «Лесная селекция», ни в коей мере не соответствует потребностям производства. Изжить это несоответствие можно лишь путем коренного пересмотра учебного плана в этой его части с введением солидной по объему дисциплины под названием «Лесная генетика, селекция и семеноводство».

Исходя из опыта прошлого преподавания этой дисциплины, учитывая возросшее ее значение и имеющиеся большие достижения, мы считаем необходимым 1) перенести преподавание дисциплины на III курс, в том числе раздел генетики и лабораторные занятия — на 5-й семестр, разделы селекции и семеноводства и учебную практику — на 6-й семестр; 2) на лекционный курс отвести не менее 60 учебных часов (20 — на генетику и 40 — на селекцию и семеноводство); на лабораторные занятия по генетике и селекции — 30 часов, на летнюю учебную практику — 6 дней (36 часов); 3) установить в 5-м семестре зачет по лабораторным работам, в 6-м — экзамен по лекционному курсу и зачет по летней практике; 4) создать во всех вузах, готовящих инженеров лесного хозяйства, как минимум, кабинет (лабораторию) лесной генетики, селекции и семеноводства со штатным лаборантом; 6) более широко практиковать дипломное проектирование по лесной генетике, селекции и семеноводству; 7) при кабинетах по этой дисциплине организовать регулярную работу студенческих научных кружков; 8) лесохозяйственным факультетам, кафедрам и управлениям лесного хозяйства систематически проводить в лесхозах научно-популярные лекции по проблемам лесной генетики, селекции и семеноводства; 9) в различных географических районах, отличающихся по хозяйственным и природным условиям, регулярно готовить аспирантов по лесной генетике, селекции и семеноводству; 10) создать условия для успешной научной работы кабинетов лесной генетики, селекции и семеноводства; 11) обеспечить подготовку и издание полноценного учебного пособия по курсу, отвечающего вузовской программе и современному уровню знаний.

Эти мероприятия были в принципе поддержаны Проблемным Советом по лесной генетике, селекции и семеноводству Госкомитета лесного хозяйства Совета Министров СССР, на заседании которого 5 ноября 1974 г. присутствовали два автора настоящей статьи. На нем, в частности, был рассмотрен и одобрен новый вариант программы по «Лесной селекции» (автор М. М. Вересин). Признано необходимым усилить подготовку специалистов в лесных вузах по лесной генетике, селекции и семеноводству, соответствующим образом изменить название этого курса, увеличить количество часов и ввести экзамен.

Есть и другая, не менее важная, сторона этой проблемы: подготовка высококвалифицированных лесных селекционеров и семеноводов, призванных работать в научных учреждениях, вузах и лесных предприятиях семеноводческого профиля, которых уже сейчас более двухсот (спецлесхозы, лесосеменные станции, лесопитомники, специализируемые на выращивании материала для закладки семенных плантаций, селекционно-семеноводческие станции и пункты и др.). Естественно, для них необходим, более высокий уровень знаний, чем для инженера общего лесохозяйственного профиля. Поэтому следует создать (или восстановить) в старых лесотехнических вузах кафедры генетики, селекции и семеноводства лесных пород и открыть специализацию на старших курсах лесохозяйственного факультета. На этой специализации, которую, по основному ее содержанию, можно назвать «Лесная селекция и семеноводство», в преподавании должны быть усилены вопросы генетики, селекции, сортоиспытания, интродукции и некоторые другие, а также введены спецпрактикумы, которые в данном случае будут профилирующими. Такую работу целесообразно поручить Воронежскому лесотехническому институту, в котором имеются высококвалифицированные кадры и накоплен опыт. Большое содействие могут оказать Воронежский государственный университет и сельскохозяйственный институт (кафедра генетики и селекции), а также Центральный научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции (ЦНИИЛГиС), расположенный в г. Воронеже.

Кризисное положение лесной генетики и селекции в лесных вузах страны продолжается уже много лет, и по этому вопросу существуют различные мнения. Мы надеемся, что широкая вузовская общественность выскажется на страницах «Лесного журнала» о положении, судьбах и нуждах лесной генетики, селекции и семеноводства. Это позволит улучшить подготовку специалистов по данной дисциплине, что безусловно повысит уровень квалификации инженеров лесного хозяйства в соответствии с сегодняшними запросами производства и с новыми задачами, поставленными перед лесным хозяйством страны решениями Партии и Правительства.

М. М. Вересин, П. И. Войчалъ, С. И. Машкин.

Воронежский лесотехнический институт,

Архангельский лесотехнический институт,

Воронежский государственный университет.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 631.4(091)

**МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ —  
ПЕРВЫЙ РУССКИЙ ПОЧВОВЕД**

Сын великого русского народа, пламенный патриот и гениальный ученый-энциклопедист, М. В. Ломоносов вел многостороннюю научную работу в области геологии, минералогии, горного дела, астрономии, физики, химии др. Не осталась вне его интересов и почва. Он положил начало почвоведению как науке.

Основную часть представлений о почвах и главных факторах почвообразования мы находим в замечательной книге М. В. Ломоносова «О слоях земных». Много о почвах написано им по личным наблюдениям в лесах Архангельской области.

Общую картину форм поверхности земного шара М. В. Ломоносов описал так: «Видев верхний слой шара земного или одного наружности, состоящего по фигуре из гор главных, кражей и хребтов великих, из гор обыкновенных, из пригорков, бугров и холмов; из долин, из мест ровных и покатых, гладких и шероховатых, из утесов, пропастей, пещер и расселин; по разности материй из чернозему, песку, глины, илу, камней, льду и снегу, огня, серы, селитры и наконец морских произведений». В этом описании М. В. Ломоносов отметил не только многообразие форм земли (рельефа), но указал также и на большую разнородность материалов, слагающих земную поверхность. Это элементы геоморфологии, являющиеся важными факторами почвообразования.

Касаясь характера почвообразующих пород, «о материальных качествах верхнего слоя земной наружности», М. В. Ломоносов указывал на широкое распространение чернозема, песков, глин и других рыхлых отложений. Одновременно он отмечал комплексность в залегании почвообразующих пород. О большом числе «пород земель», то есть почвообразующих пород, и ряде их отличий друг от друга по некоторым физическим свойствам М. В. Ломоносов писал следующее: «Породы земли суть многочисленны. Не считая чернозему, о коем показано выше, разность их довольно велика уже по внешним качествам, по цвету, по вязкости и сыпучести, по вкусу и запаху и по отменной тягости». Следовательно, задолго до наших дней М. В. Ломоносов указывал на существенные различия свойств разных почвообразующих пород. Различия почвообразующих пород по внешним признакам и теперь являются обязательными элементами полевого изучения почв.

М. В. Ломоносов отверг господствовавшее в то время в науке представление о песке и глине как первозданных землях, из которых произошли все минералы, и признал рыхлые поверхностные горные породы, на которых образуются почвы, продуктом выветривания массивных пород, а глины — результатом осаждения из воды.

М. В. Ломоносов отверг также существовавшие представления о питании растений водой, чем подвел к правильному пониманию процессов обмена между растениями и почвами. В настоящее время это положение получило широкое развитие и лежит в основе физико-химических и биохимических явлений, составляющих важную часть почвообразовательных процессов и регулирования минерального почвенного питания растений.

Впервые М. В. Ломоносов высказал взгляд на почвообразование как на биологический процесс, в котором особое значение имеют растения и животный мир, после отмирания дающие материал для формирования органического вещества. Этот взгляд ныне лежит в основе представлений о почвообразовании и признан в мировой почвенной науке.

Особенно большое внимание М. В. Ломоносов уделил происхождению почвенного перегноя, который он называл черной землей и черноземом. О перегное он писал: «Его происхождение не Минеральное, а из двух протчих Царств природы, из животного и растительного всяк признает». Указывал Ломоносов и на важную роль человека в почвообразовании: «От животных и растений умножение черной садовой и огородной земли известно; жилые места и навозом удобренные пашни о том везде уверяют». Мощности перегнойного горизонта почв он связывал со временем воздействия человека на почву: «Места жилые черноземом тем больше покрыты, чем старее селение». Он отмечал различие почв, развивающихся без участия человека и под влиянием человека. Последняя почва «разнится от природного чернозема тем, что в населенном примешаны разные обломки от дел рук человеческих».

М. В. Ломоносов писал о неодинаковом действии разных по древесному составу лесов, на образование почв. Он различал леса хвойные, под которыми «обыкновенно земля бывает песчаная», не окрашенная перегноем, и лиственные леса, в которых «больше преимуществует чернозем».

Показывает он и важную роль трав в почвообразовании, пишет «о лугах на черноземе, где трава не бывает скошена или стравлена от скота и в навоз перегнивает, ту земной умножая».

Интересно и следующее замечание М. В. Ломоносова: «Сосновые, еловые и других подобных деревьев иглы спадают в малом количестве и для того не могут с лиственными сравняться. Когда и где есть чернозем в ельнике, то конечно от близости и соседства других деревьев». В этом высказывании отражено специфическое действие различных растительных формаций (типов леса и лугов) на развитие почв.

Ломоносов знал в природе и отмечал в описаниях почвы, различные по условиям развития и свойствам. Он по существу устанавливал группы почв, которые теперь выделены в виде отдельных типов почвообразования: почвы под хвойными лесами (подзолистый тип); почвы под лиственными лесами (дерново-подзолистый подтип и тип серых лесостепных почв); болота (болотный тип почвообразования); тундры (тундровые почвы); песчаные почвы пустынь и солончаки («покрыты селитряным ильем с солью смешанным» (солончаковый тип). Как видим, ломоносовская группировка почв явилась своеобразной зональной классификацией почв, в основе которой лежали генетические признаки.

М. В. Ломоносов считал, что чернозем — результат почвообразования, а не первозданная материя, как утверждали многие современные ему ученые и жившие до и после него (в том числе некоторые академики Российской Академии Наук — Паллас, Мурчиссон и др.).

Ломоносов уделял внимание торфу, в части его использования на топливо и в сельском хозяйстве. Указывая на опыт голландцев, он писал: «Прибыль от турфа толь велика, что часто отдают на то покосотины и сенокосы, дабы из них доставить на турф матерно». Очень интересны взгляды М. В. Ломоносова на образование торфов и их превращение в каменный уголь. О качестве торфяников как луговых угодий он пишет: «Турф часто покрывает прекрасные и добрые луга».

Не менее интересен и первичный процесс почвообразования, который М. В. Ломоносов описывает так: «И каменные голые горы часто показывают на себе зелень мха молодого, которая после чернеет, и становится землею; земля наконец долгою времени служит после к произведению крупного мху и других растений».

Ломоносов обращал внимание и на водную эрозию почв. Познания о почвах он всегда связывал с сельским хозяйством и стремился к их распространению.

С именем М. В. Ломоносова связано возникновение университетского почвоведения. Преподавание почвоведения в Московском университете было начато выдающимся русским агрономом М. И. Афониним в 1770 г. (вскоре после смерти Ломоносова). Этот ученый в вопросах почвоведения во многом использовал положения, высказанные ранее М. В. Ломоносовым. В дальнейшем эти положения получили широкое и глубокое развитие.

Изложенное показывает, что М. В. Ломоносов объяснял развитие почв природными и хозяйственными условиями, их движением, а не метафизическими догмами, господствовавшими в те времена в естествознании. Он указывал на сложность условий образования почв и как результат — на их многочисленность и разнообразие. В своих суждениях о почвах он отмечал роль растительности и животных, рельефа, климата, почвообразующих пород, времени и человека в почвообразовании и этим фактически определял главные факторы почвообразования. Ломоносов в большой мере предвосхитил пути к тем замечательным открытиям, к которым через полтора века пришел другой наш великий русский ученый, основатель русского генетического почвоведения, проф. В. В. Докучаев. Он очень высоко ценил труды М. В. Ломоносова и в одной из своих работ писал: «Ломоносов давно уже изложил в своих сочинениях ту теорию, за защиту которой я получил докторскую степень, и изложил, надо признать, шире и более обобщающим образом».

Как правильно отмечает известный русский почвовед проф. Д. Г. Виленский, «...в области почвоведения Ломоносов опередил на полтора века современную ему науку, правильно осветил ряд положений, которые были окончательно установлены лишь в конце XIX и начале XX столетий». Нельзя не согласиться и с акад. В. И. Вернадским в том, что М. В. Ломоносов «является не только русским первым почвоведом, но и первым почвоведом вообще».

Г. А. Скляр.

Архангельский лесотехнический институт.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 581.8

НОВАЯ КНИГА ПО АНАТОМИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ  
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ\*

Рецензируемое учебное пособие предназначено для студентов лесохозяйственных факультетов и основано на 30-летнем опыте работы проф. П. Б. Раскатова в Воронежском лесотехническом институте. Это не только учебное пособие, но и научная монография по анатомии вегетативных органов древесных растений. Особого внимания заслуживает физиологический подход к рассмотрению анатомии отдельных органов и частей древесных растений.

В кратком предисловии автор подчеркивает, что процессы обмена веществ и энергии — всасывание, проведение водных растворов и минеральных солей, испарение воды, поглощение и выделение газов, поглощение, связывание и освобождение энергии, многообразные формы переработки, транспортировки и накопления химических соединений — могут быть правильно поняты только с учетом особенностей внутреннего строения растений. Отсюда следует, что анатомическое строение растений находится во взаимосвязи и взаимообусловленности с физиолого-биохимическими процессами жизнедеятельности организма.

Глава I посвящена описанию анатомического строения побегов и стволов древесных растений. Определены основные понятия, используемые для описания внешнего строения и внутренней структуры растений, дается описание строения и функции побега. Автор детально рассматривает процессы формирования тканей побегов, прокамбия, дубяных клеток, элементов древесины. Характеризуются ростовые процессы, связанные с весенним пробуждением почек, особенности новообразования узлов, рост побегов в толщину, обусловленный деятельностью вторичной образовательной ткани — камбия. Подробно рассматриваются структурная дифференциация клеток сердцевины на примере липы, пихты, ореха, а также особенности деления камбияльных клеток ярусного и неярусного типов.

Большое место уделено описанию различий в строении древесины хвойных и лиственных пород, вопросам эволюции строения древесины, связи строения древесины с ее физико-химическими свойствами, с наступающими возрастными изменениями. Убедительно и наглядно показаны процессы зарастания ран на стволах деревьев. Этот раздел представляет большой интерес также для фитопатологов, лесоводов, озеленителей.

В главе II приводится общая характеристика структуры и функции корня. Ценный материал приводится при описании строения многолетнего корня древесных растений; в частности, отмечается, что длина составляющих древесину корня волокон и трахеид превышает длину однолетних клеток древесины ствола. Автор уделит необходимое внимание явлению микоризы, показал важное значение микоризных грибов в питании растений, изложил основы симбиоза высших растений с азотфиксирующими клубеньковыми бактериями, играющими важную роль в питании бобовых культур.

В главе III дается общая характеристика структуры и функций листа, излагаются особенности строения световых и теневых листьев, хвои и черешка. Четко показан механизм образования отдельного слоя и сбрасывания листьев.

В заключение автор подчеркивает, что анализ жизнедеятельности любого из органов растения позволяет обнаружить тесную связь между тем, как он построен и какие функции выполняет. Следовательно, функциональные изменения предшествуют изменениям структурным, соответствие же строения органа его физиологическим отправлениям является генеральным направлением эволюционного процесса.

При переиздании пособия следовало бы, на наш взгляд, отметить образование живицы у пород, не имеющих смоляных ходов, причины образования капов у ряда древесных пород, механизм срастания корней и стволов древесных растений. Для приводимых в тексте фотоснимков ствола, коры, хвои следует указывать увеличение.

Книга написана хорошим литературным языком, снабжена достаточным количеством четких иллюстраций, приведен список рекомендуемой литературы. Несомненно, что студенты, аспиранты и преподаватели лесохозяйственных институтов получили ценное учебное пособие. Оно также с успехом может использоваться на кафедрах ботаники и физиологии растений государственных университетов.

С. Ф. Негруцкий.

Донецкий государственный университет.

\* Раскатов П. Б. Анатомия вегетативных органов древесных растений, Воронеж, изд. Воронежского университета, 1974.

## ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА  
ПЕТРА АРТЕМЬЕВИЧА ПОЛОЖЕНЦЕВА

16 октября 1975 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и 55 лет производственной, научно-педагогической и общественной деятельности заведующему кафедрой защиты леса Воронежского лесотехнического института, заслуженному деятелю науки Башкирской АССР, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Петру Артемьевичу Положенцеву.

П. А. Положенцев родился в 1900 г. в семье крестьянина Самарской губернии. До Великой Октябрьской революции и в момент ее работал рабочим на Самарском трубочном заводе. В 1922 г. в Самаре окончил рабфак, в организации которого принимал большое участие. В том же году поступил на лесной факультет Петровско-Разумовской академии, а в 1926 г. окончил Ленинградский лесной институт.

После защиты дипломной работы, опубликованной в трудах ЛТА, Петр Артемьевич был назначен помощником лесничего Борового опытного лесничества Бузулукского бора, где позднее работал научным сотрудником и лесничим. Через 4 года он был приглашен на должность заведующего кафедрой энтомологии, зоологии и фитопатологии в Самарский лесопромышленный институт. Вузовская работа для Петра Артемьевича — расцвет его таланта ученого. В 1931 г. он стал н. о. профессора, с 1932 г. — профессором. В 1937 г. Московским университетом ему присвоена ученая степень кандидата биологических наук. В 1944 г. в объединенном Совете Уральского, Белорусского лесотехнических институтов и Ленинградской лесотехнической академии он блестяще защитил докторскую диссертацию.

За работы в области энтомологии П. А. Положенцев избран Почетным членом Всесоюзного энтомологического общества при АН СССР. За большую научную деятельность в области энтомологии и зоологии Президиумом Верховного Совета БАСССР ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки БАСССР». Он награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд» и др. В честь Петра Артемьевича названы новый род гельминтов и новые виды акари.

Научная деятельность П. А. Положенцева весьма многогранна и охватывает проблемы систематики, биологии, экологии насекомых и нематод, биофизики, физиологии, лесоводства и др. По результатам личных исследований и в соавторстве им опубликовано 297 научных работ, около 300 заметок и статей. Описаны новые для науки роды и виды энтомогельминтов, разработаны новые методы (живичного индикатора, биопсии и др.) и новые приборы (микропресс, гальваноэлектрический прибор и др.) для энтомодиагностики древесных пород.

П. А. Положенцев — основоположник трех научных направлений в лесозащите: энтоморезистентности древесных растений, физиологии больного дерева и энтомогельминтологии. Многие результаты исследований Петра Артемьевича использованы в учебниках, учебных пособиях и монографиях. Они заняли достойное место в золотом фонде отечественной лесоэнтомологической науки.

Петр Артемьевич ведет большую общественную работу. В разные годы он депутат городского Совета г. Уфы, член экспертной комиссии ВАК, организатор и председатель Воронежского отделения Всесоюзного энтомологического общества, председатель научно-технического Совета Воронежской областной организации Всесоюзного общества охраны природы, член секции защиты леса научно-технического Совета Гослесхоза СССР, выполняет и другие общественные поручения.

Неиссякаемая работоспособность Петра Артемьевича и активное участие в научных конференциях и симпозиумах снискали уважение к нему отечественных и зарубежных ученых.

Желаем дорогому юбиляру крепкого здоровья и новых творческих успехов на благо советской биологической науки!

Ректорат и общественные организации  
Воронежского лесотехнического института.

## ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

Александр Романович Чистяков родился в 1905 г. в семье уральского рабочего. На лесохозяйственный факультет Казанского института сельского хозяйства и лесоводства он поступил в 1927 г. после окончания педагогического техникума и работы преподавателем школы крестьянской молодежи. По рекомендации общественных организаций с 1929 г. работал в качестве студента-выдвиженца при кафедре общего лесоводства под руководством известного ученого профессора Л. И. Яшнова. Учебу в институте он завершил досрочно в декабре 1930 г. Затем последовала аспирантура при той же кафедре (1931—1932 гг.), работа в системе Татлесхозтреста и с 1933 г. по 1939 г. — старшим научным сотрудником в Поволжской агролесомелиоративной опытной станции ВНИАЛМИ (г. Куйбышев). Здесь он изучает бересклет бородавчатый, разрабатывает технику выращивания посадочного материала экзотических древесных пород и введения их в агролесомелиоративные насаждения.

Осенью 1939 г. Александр Романович переходит на преподавательскую работу в Поволжский лесотехнический (ныне Марийский политехнический) институт. Много времени он отводит изучению лесов Марийской АССР и ведению в них хозяйства на научной основе. В этот период им написаны и опубликованы такие работы, как «Условия и результаты лесовозобновления в сосновых лесах Марийской АССР», (1945), «Рубки главного пользования в лесах Марийской АССР» (1946), «Лесные ресурсы Марийской АССР» (1957), «Типы вырубок в сосновых лесах МАССР» (1962) и др. Перу Александра Романовича принадлежит 85 печатных работ. В 1943 г., успешно защитив диссертацию, он стал кандидатом сельскохозяйственных наук, а в 1945 г. утвержден в ученом звании доцента.

Александр Романович большое внимание уделяет методической работе и возглавляет ее на факультете. Научно-педагогическую и воспитательную работу среди студентов он умело сочетает с общественной работой. Он избирался депутатом в городские Советы в Казани и Йошкар-Оле, многие годы является членом республиканской организации Всероссийского общества охраны природы, общества «Знание», читает лекции для трудящихся, многократно избирался в состав партийного бюро и т. д.

Отзывчивый, добрый и трудолюбивый, Александр Романович завоевал глубокое уважение товарищей и любовь студенчества. Деятельность А. Р. Чистякова отмечена почетными грамотами Президиума Верховного Совета МАССР, присвоением почетного звания «Заслуженного деятеля науки Марийской АССР», медалями «Участнику Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.», «За трудовую доблесть», «100-летие со дня рождения И. В. Мичурина», почетными значками Министерства лесного хозяйства и Всероссийского общества охраны природы и др.

Свое 70-летие и полувековой юбилей трудовой деятельности Александр Романович встречает полной энергии и творческих сил. Большим опытом и знаниями юбиляр щедро делится с молодыми работниками, показывая наглядный пример самоотверженного труда на благо Родины.

Пусть же доброе здоровье, человеческие радости и творческие успехи долгие годы сопутствуют Александру Романовичу и помогают ему готовить новые тысячи специалистов лесного хозяйства и науки, умело претворяющих в жизнь ленинские принципы природопользования!

**Б. М. Алимбек, М. Д. Данилов, А. К. Денисов,  
Т. И. Малочка, В. Н. Смирнов, В. И. Пчелин, Э. П. Лебедева.**

Марийский политехнический институт.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>В. Х. Маджарян.</i> На рубеже двух пятилеток . . . . .	3
---	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>М. В. Давидов.</i> Результаты исследования роста культур дуба в лесостепной зоне европейской части СССР . . . . .	7
<i>В. Г. Чистилин.</i> Возобновление сосны в разновозрастных насаждениях . . . . .	12
<i>А. П. Звирбуль, Л. А. Гришкова.</i> Влияние известкования и минеральных удобрений на древостой и почву преспевающих сосняков-зеленомошников . . . . .	17
<i>В. С. Пешко, Г. Т. Криницкий.</i> Динамика содержания биогенных элементов в ассимиляционном аппарате основных эдификаторов дубово-сосновых вырубок . . . . .	26
<i>А. М. Ильин.</i> Предварительное корнеотпрысковое возобновление осины и его состояние . . . . .	26
<i>Г. И. Ларин.</i> Влияние окультуренности подзолистой почвы на износ лемехов плугов лесных и общего назначения . . . . .	28
<i>В. Н. Винокуров.</i> Обоснование зональных коэффициентов расхода запасных частей для почвообрабатывающих машин, работающих в горных условиях . . . . .	31
<i>Е. И. Сенько.</i> Определение ресурсов дикорастущих ягод для планирования их использования . . . . .	35

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>И. И. Слепо, Н. В. Матишин.</i> Исследование контактных напряжений в несущем канате в зоне соприкосновения с башмаком промежуточной опоры . . . . .	39
<i>С. И. Морозов.</i> О факторах, способствующих выбросу пути . . . . .	44
<i>А. М. Жигалов.</i> Теоретический анализ способов получения нелинейной характеристики подвески автолесовоза . . . . .	48
<i>Б. В. Бильяк, Б. Т. Перетятко.</i> Моделирование реализаций случайных функций микропрофиля трелевочных волоков на ЭЦВМ . . . . .	52
<i>И. И. Федотов.</i> Исследование надежности редуктора бензиномоторных пил . . . . .	57
<i>А. В. Жуков.</i> Анализ характеристик динамических воздействий на лесные машины при транспортных операциях технологического процесса . . . . .	60
<i>Ю. Д. Кузнецов, В. Б. Прохоров, А. А. Крупанин.</i> Основные принципы совершенствования технического обслуживания лесозаготовительного оборудования . . . . .	67

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В. Г. Бодалев.</i> Построение областей неустойчивости круглых плоских пил . . . . .	73
<i>Н. М. Михин, А. И. Смоляков.</i> Исследование молекулярной составляющей коэффициента трения прессованной древесины . . . . .	76
<i>Н. А. Михайлов, О. П. Васильков, Т. В. Михайлова.</i> О кондиционировании древесностружечных плит . . . . .	80
<i>Ю. С. Соболев.</i> Методика определения механических характеристик клеевых отливок . . . . .	83
<i>Г. М. Хвесько.</i> Влияние направления сжимающего усилия на прочность и модуль упругости модифицированной фенолоспиртами древесины березы . . . . .	87
<i>А. И. Яцок, Э. А. Ткаченко.</i> Расчет геометрических параметров прерывистой рабочей поверхности абразивной ленты при шлифовании лакокрасочных покрытий . . . . .	92
<i>Ю. В. Вихров, В. А. Борисов.</i> Физические свойства археологической древесины сосны . . . . .	96

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Э. И. Фейгус, А. М. Канышева, А. И. Головин, А. Е. Соснин.</i> К вопросу определения содержания летучих веществ в древесине хвойных пород . . . . .	100
--	-----

Э. Д. Левин, А. В. Рачинский, С. М. Репях. Гидрокрекинг с безостаточной переработкой смоляных отходов лесохимических производств . . . . .	105
Л. М. Курпичева, М. И. Чудаков, Г. П. Санников. Разрушение древесины лиственных пород под воздействием арборицидов . . . . .	109
Ю. Н. Непенин, А. Д. Бувская, М. Я. Гашкова, А. Г. Мошкалев. О физических свойствах и химическом составе древесины лесосырьевой базы проектируемого Тавдинского ЦБК . . . . .	112
В. Л. Колесников, Г. С. Гридюшко, А. В. Курлович, П. Ф. Белогуров. Оптимизация проклейки водонепроницаемого картона с использованием пиролитической ГЖХ . . . . .	118
Ф. А. Медников, Л. А. Косыева. Получение этиленгликолевых эфиров смоляных и жирных кислот из сульфатного мыла . . . . .	124

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. В. Турлай, Н. Ф. Ковалев. Исследование лесозаготовительных систем с простейшими процессами методом статистического моделирования на ЭВМ . . . . .	128
Н. А. Скурихин. Об одной задаче массового обслуживания . . . . .	133
В. Р. Фергин, А. К. Курицын. Алгоритмы сбора и обработки информации при управлении точностью рамной распиловки . . . . .	136
Д. П. Бегей. Математическое описание работы 6-пильного слешера ДЦ-10 методами теории массового обслуживания . . . . .	140

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

И. В. Воронин, И. Ф. Животягин. Об экономической эффективности полесозащитного лесоразведения . . . . .	144
Т. С. Лобовиков, В. П. Фёдоров. К вопросу оптимизации режима лесозаготовительного производства . . . . .	148
И. В. Беликова. Экономико-математические модели фондоотдачи для лесосплавных предприятий . . . . .	153
Т. А. Кислова. О некоторых формах проявления экономического эффекта затрат . . . . .	156
Е. С. Романов. Актуальные вопросы классификации основных фондов лесозаготовок и их амортизация . . . . .	159

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

К. Ф. Дьяконов, Т. К. Курьянова. Изменение гигроскопичности древесины березы после термообработки и длительного хранения . . . . .	162
Н. Ф. Курапцев. Прямоугольное и косоугольное бесстружечное резание древесины . . . . .	163

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

М. М. Вересин, П. И. Войчал, С. И. Машкин. О преподавании генетики и селекции в лесных вузах . . . . .	167
--	-----

### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Г. А. Скляр. Михаил Васильевич Ломоносов — первый русский почвовед . . . . .	169
--	-----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

С. Ф. Негруцкий. Новая книга по анатомии вегетативных органов древесных растений . . . . .	171
--	-----

### ЮБИЛЕИ

Ректорат и общественные организации ВЛТИ. Юбилей профессора Петра Артемьевича Положенцева . . . . .	172
Б. М. Алимбек, М. Д. Данилов, А. К. Денисов, Т. И. Малочка, В. Н. Смирнов, В. И. Пчелин, Э. П. Лебедева. Поздравляем юбиляра! . . . . .	173

## CONTENTS

- V. H. Madjarian. On the border-line of the two five-year plans . . . . . 3

*The FORESTRY*

- M. V. Davidov. Results of scientific research of growth in oak plantations in the forest-steppe regions of the USSR European part . . . . . 7  
 V. G. Chistilin. The renewal of pine in different age forest stands . . . . . 12  
 A. P. Zvirbul, L. A. Grishkova. The influence of chalking and mineral fertilizing on the stand and soil of the ripening pine forests . . . . . 17  
 V. S. Peshko, G. T. Krinitsky. Dynamics of biogenic elements content in the assimilation apparatus of the basic species in oak-pine cutting areas . . . . . 21  
 A. M. Ilyin. Preliminary vegetative reforestation of aspen and its state . . . . . 26  
 G. I. Larin. Influence of podsol soil cultivation over the wearing of ploughshares . . . . . 28  
 V. N. Vinokurov. Substantiation of region expence coefficients of spare parts for a soilcultivating machines, working in hard mountain conditions . . . . . 31  
 E. I. Senko. Determination of the resources of wild berries for planning their utilization . . . . . 35

*THE FOREST EXPLOATATION*

- I. I. Stepko, N. V. Matiishin. Research into the contact tensions of the conveying rope in its contiguity zone with the intermediate support shoe . . . . . 39  
 S. I. Morosov. On factors promoting the blowout of track . . . . . 44  
 A. M. Zhigalov. Theoretical analysis of methods for obtaining the non-linear characteristic of the suspension-arrangement of a lumber-carrier . . . . . 48  
 B. V. Bilyk, B. T. Peretyatko. The realization simulation of occasional mikro-profile functions of skidding trails by EDCM . . . . . 52  
 I. I. Fedotov. Investigation of reduction gear reliability of petrol-motor chain saws . . . . . 57  
 A. V. Zhukov. An analysis of dynamic affects characteristics on the forest machines during transport operations of the technological process . . . . . 60  
 Ju. D. Kuznetsov, V. B. Prokhorov, A. A. Krupanin. Basic principles of the development of logging equipmenf technological maintenance . . . . . 67

*MECHANICAL TEHNOLOGY AND WOODSCIENCE*

- V. G. Bodalev. The construction of the zones of unstability of the circular filat saws . . . . . 73  
 N. M. Mikhin, A. I. Smolyakov. The investigation of molecule component of coefficient of the friction of compressed wood . . . . . 76  
 N. A. Mikhailov, O. P. Vasilkov, T. V. Mikhailova. The conditioning of particleboards . . . . . 80  
 Ju. S. Sobolev. The methods of definition of mechanical characteristics of glue casts . . . . . 83  
 G. M. Khvesko. The influence of the direction of the compression force on the strength and the elasticity module of the birch wood modified by the phenolic alcohol . . . . . 87  
 A. I. Jatsuk, E. A. Tkachenko. Calculation of geometrical parametres of the intermittent working surface of the abrasive band when polishing varnish-and-paint coverings . . . . . 92  
 Ju. V. Vikhrov, V. A. Borisov. The phisical properties of archeological pine wood . . . . . 96

*CHEMICAL WOODWORKING*

- E. I. Feigus, A. M. Kanysheva, A. I. Golovin, A. E. Sosnin. On the determination of volatiles content in softwood . . . . . 100  
 E. D. Levin, A. V. Rachinsky, S. M. Repyach. Hydrocraking with residueless working of the resinous materials of timberchemical industry . . . . . 105  
 L. M. Kirpicheva, M. I. Chudakov, G. P. Sannikov. Destruction of hardwood by arboricide action . . . . . 109

<i>Ju. N. Nepenin, A. D. Buevskaya, M. Ja. Gashkova, A. G. Moskalev.</i> Chemical and physical properties of wood taken from areas of the projected Tavdinsk pulp and paper mill . . . . .	112
<i>V. L. Kolesnikov, G. S. Gridyushko, A. V. Kurlovich, P. F. Belogurov.</i> Optimization of sizing of waterproof board by pyrolyse GLG . . . . .	118
<i>F. A. Mednikov, L. A. Kosyeva.</i> Preparation of ethylenglycol esters of resin and fatty acids from sulphate soap . . . . .	124

#### COMPLEX MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

<i>I. V. Turlay, N. F. Kovalev.</i> Investigation of the logging systems with non-paussion processes by means of statistic imitation on the computer . . . .	128
<i>N. A. Skurikhin.</i> About one task of mass service . . . . .	133
<i>V. R. Fergin, A. K. Kuritsyn.</i> The algorithms of the collection and the treatment of the information under the control of the precision of sawing . . . . .	136
<i>D. P. Begey.</i> Mathematical description of the work of a six-saws ДС-10 slasher by methods of the teory of mass service . . . . .	140

#### ECONOMIC AND ORGANIZATION OF THE PRODUCTION

<i>I. V. Voronin, I. F. Zhivotyagin.</i> The economic efficiency of field-detending . . . . .	144
<i>T. S. Lobovikov, V. P. Fefelov.</i> On the optimization of the logging production . . . . .	148
<i>I. V. Belikova.</i> Economical and mathematical models fund efficiency for floating enterprises . . . . .	153
<i>T. A. Kisloua.</i> On some forms of manifestation of the economic effect of expenditures . . . . .	156
<i>E. S. Romanov.</i> Classification and amortization of principal funds in logging . . . . .	159

#### SHORT REPORTS AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>K. F. Dyakonov, T. K. Kuryanova.</i> The change of hygroscopicity of birch wood after thermal treatment and a long storage . . . . .	162
<i>N. F. Kuraptsev.</i> The rectangular and oblique-angled cutting of the wood without shavings . . . . .	163

#### FROM THE VUS'S LIFE

<i>M. M. Veresin, P. I. Voitshal, S. I. Mashkin.</i> About teaching of genetic and selection in forest higher scools . . . . .	167
--	-----

#### FROM ISTORY OF SCIENCE

<i>G. A. Sklyarov, M. V. Lomonosov</i> is the first russian scientist in the field of soil science . . . . .	169
--	-----

#### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>S. F. Negrutsky.</i> A new book on the anatomy of vegetative organs of wood plants . . . . .	171
---	-----

#### JUBILEES

<i>Rectorat and social organization VFTI.</i> Prof. P. A. Polozhentsev's jubilee . . . . .	172
<i>B. M. Alimbek, M. D. Danilov, A. K. Denisov, T. I. Malochka, V. N. Smirnov, V. I. Pchelin, E. P. Lebedeva.</i> Congratulation on the jubilee! . . . . .	173

Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1976 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

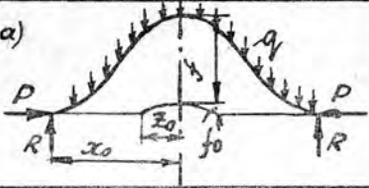
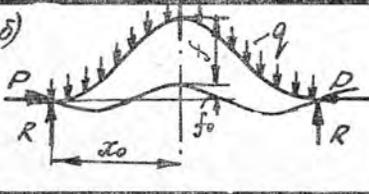
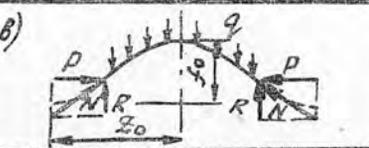
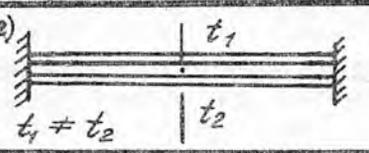
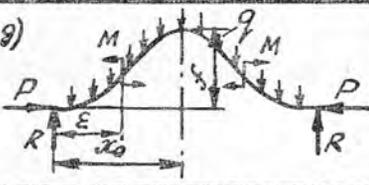
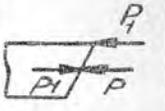
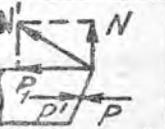
Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».

Факторы	Расчетная схема	Условие max. min	$P_{расч}$	Примечание	
Начальная не- ровность рельсо- шпаль- ной ре- шетки	Изолиро- ванная (изгнб)		$kx_0 = \pi$ $kz_0 = \nu$	$P = \sqrt{\frac{\pi q E J}{\mu f_0}} =$ $= \sqrt{\frac{396 q E J}{f_B}}$	$f_B = 1,03 f_0$ $\nu = 2 \div 3$ $\mu = 0,8 \div 0,9$
	Волнообраз- ная (изгнб)		$kx_0 = 3,42$	$P = \sqrt{\frac{457 q E J}{f_0}} =$ $= \sqrt{\frac{6,6 q E J}{f_B}}$	$f_B = 1,44 f_0$
	Изолиро- ванная (сдвиг)		$z_0 = 0,5 z_0$	<p style="text-align: center;">—</p>	$P_{сдв} = \frac{q_0 z_0^2}{\pi f_0}$
Неравномерный нагрев рельсов по поперечно- му сечению		<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	$f_t \approx$ $\approx \frac{\alpha(t_1 - t_2) l^2}{4 h}$	
Эксцен- трици- тет в стыках	Симмет- ричный		$kx_0 = \pi$ $k\epsilon_0 = \frac{\pi}{2}$	$P = \sqrt{\frac{\pi q E J}{e}} =$ $= \sqrt{\frac{3,8 q E J}{f_B}}$	$M = Pe$ $f_B = 1,21 e$
	по оси сим- метрии (тип I)		$kx_0 = \pi$	$P = \sqrt{\frac{\pi^2 q E J}{2e}} =$ $= \sqrt{\frac{2 q E J}{f_B}}$	
	по оси сим- метрии (тип II)		$kx_0 = \pi$	$P = \sqrt{\frac{\pi^2 q^2 E J}{16 \alpha^2}} =$ $= \sqrt{\frac{2 q E J}{f_B}}$	
Сосредото- ченные по- перечные силы		$kx_0 = \pi$ $k\epsilon_0 = \pi$ $\epsilon_0 = x_0$	$P = \frac{\pi^2 q^2 E J}{4 N^2} =$ $= \sqrt{\frac{2 q E J}{f_B}}$	$f_B = \frac{32 N^4}{\pi^2 q^3 E J}$	
Местное ослабление баласта		<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	

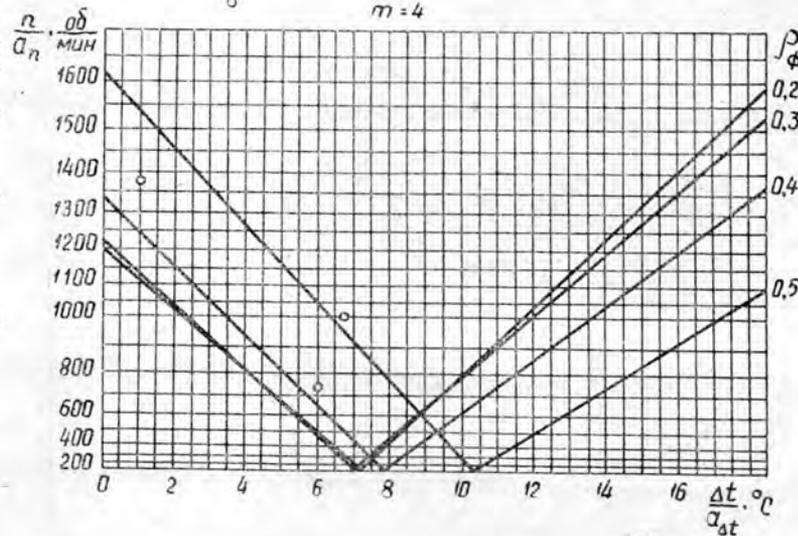
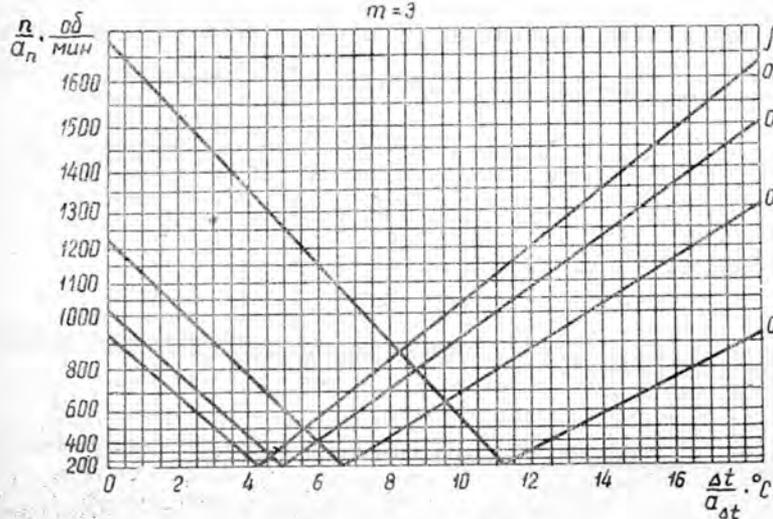
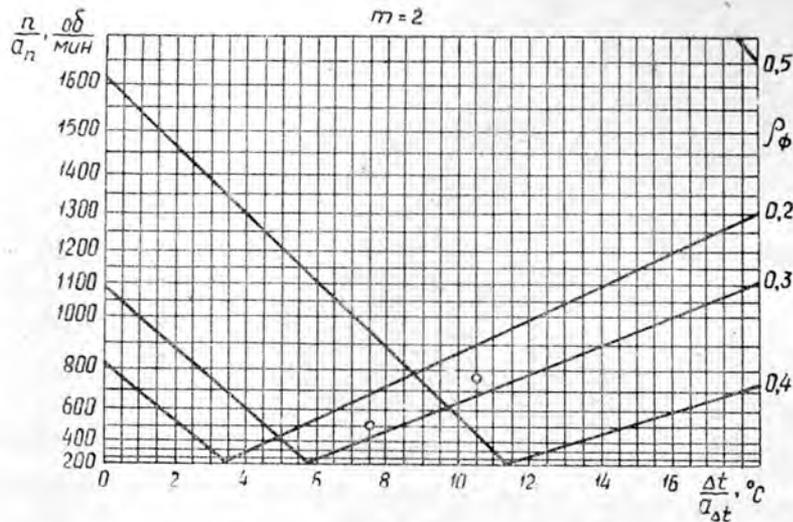
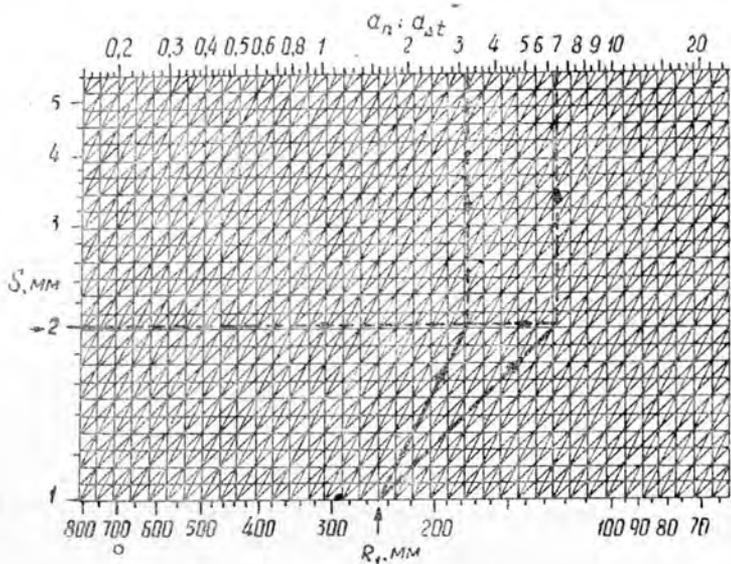


Рис. 2. Номограмма для определения критических чисел оборотов и температур нагрева круглых плоских пил.

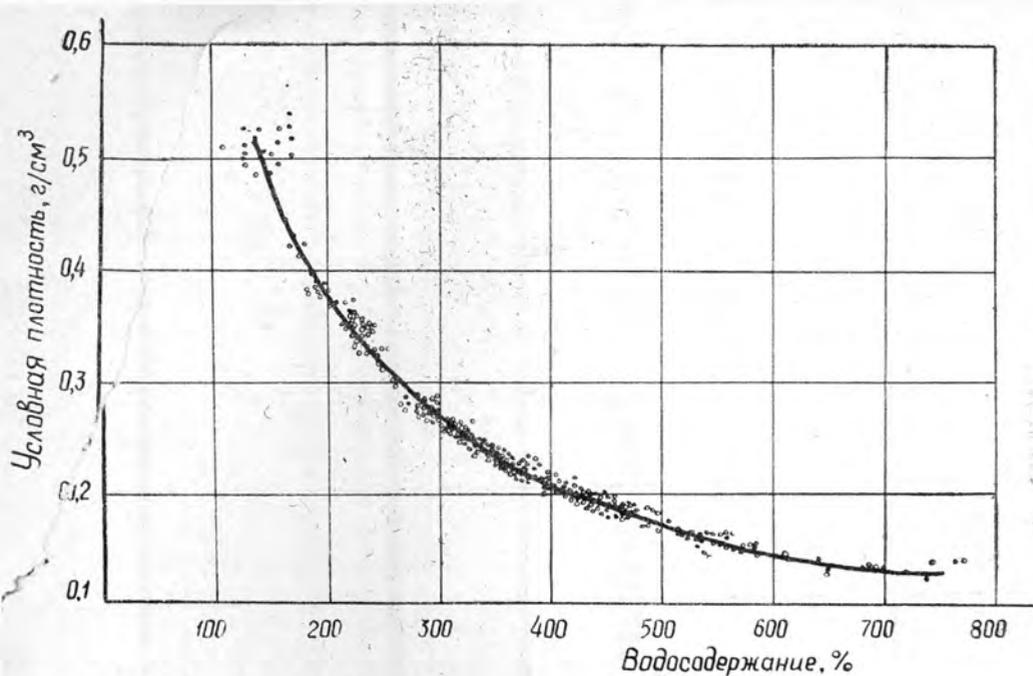


Рис. 1. Зависимость между условной плотностью археологической древесины сосны и степенью деградации.

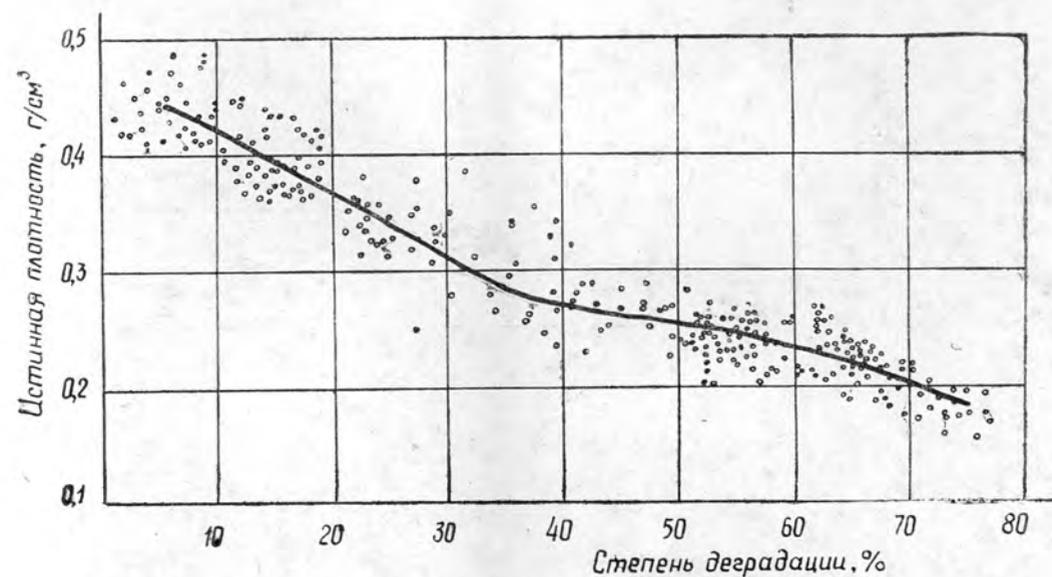


Рис. 3. Зависимость между истинной плотностью археологической древесины сосны и ее степенью деградации.

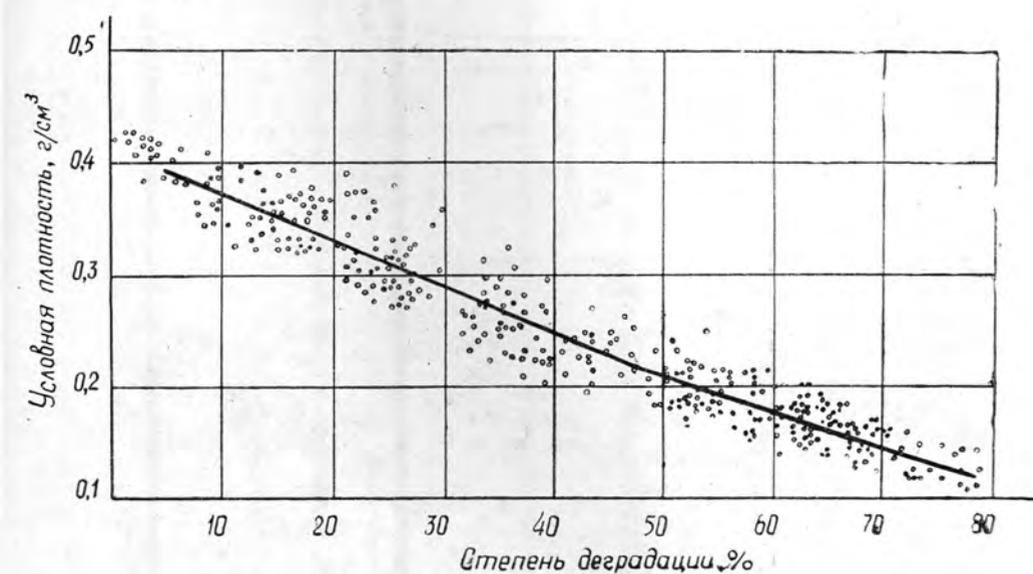


Рис. 2. Зависимость между условной плотностью археологической древесины сосны и ее максимальным водосодержанием.

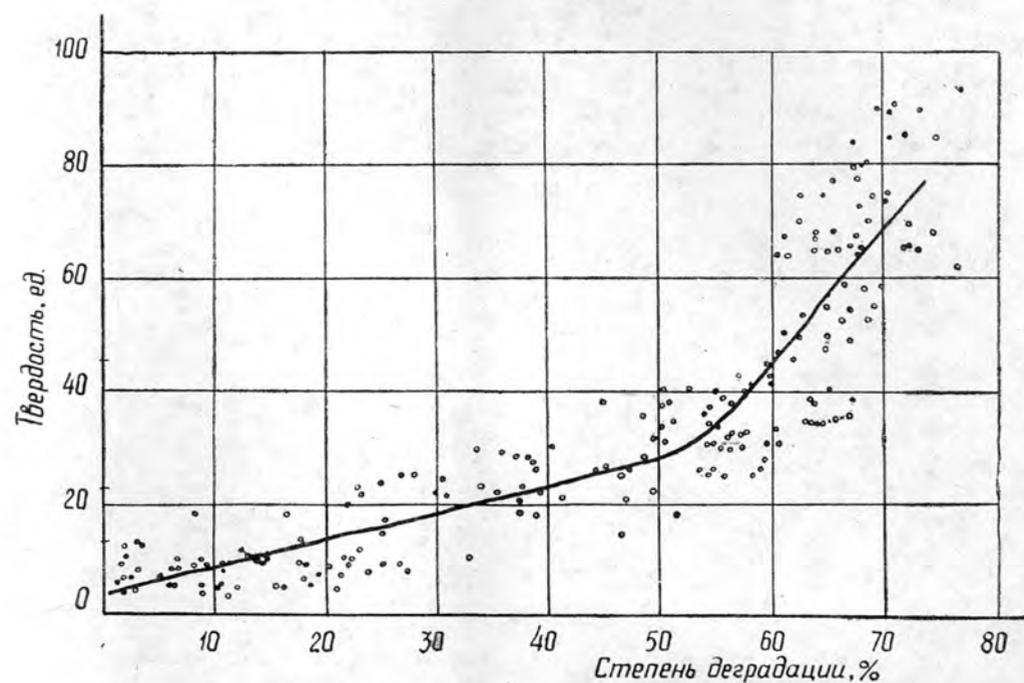


Рис. 4. Связь между показателями гвердомера и степенью деградации при максимальном насыщении водой.

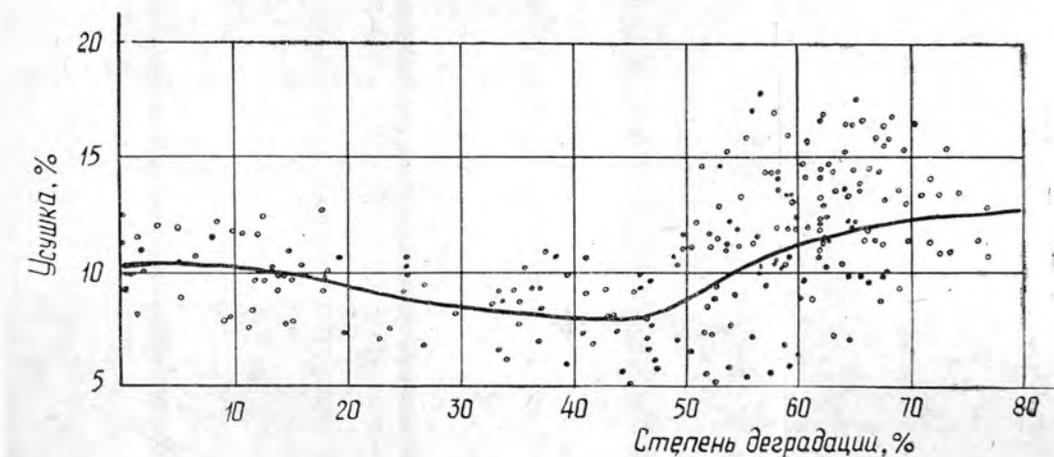


Рис. 5. Зависимость между полной усушкой в тангенциальном направлении археологической древесины сосны и ее степенью деградации.

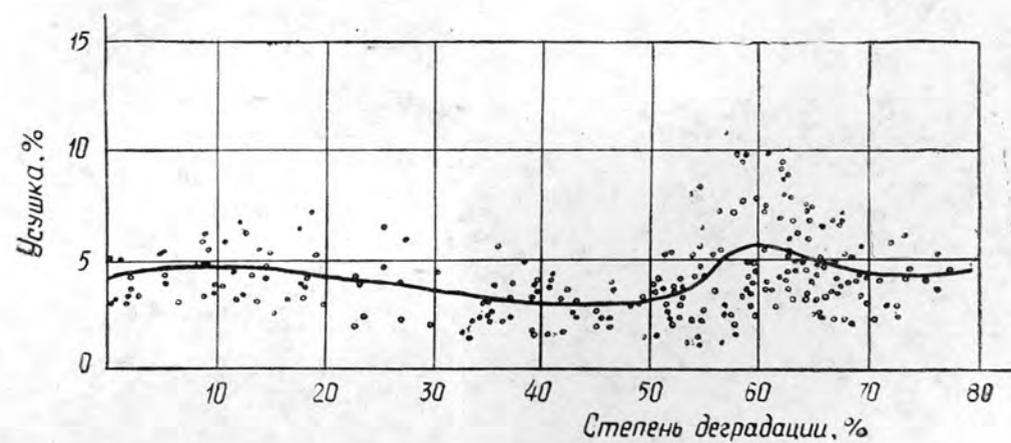


Рис. 6. Зависимость между полной усушкой в радиальном направлении археологической древесины сосны и ее степенью деградации.

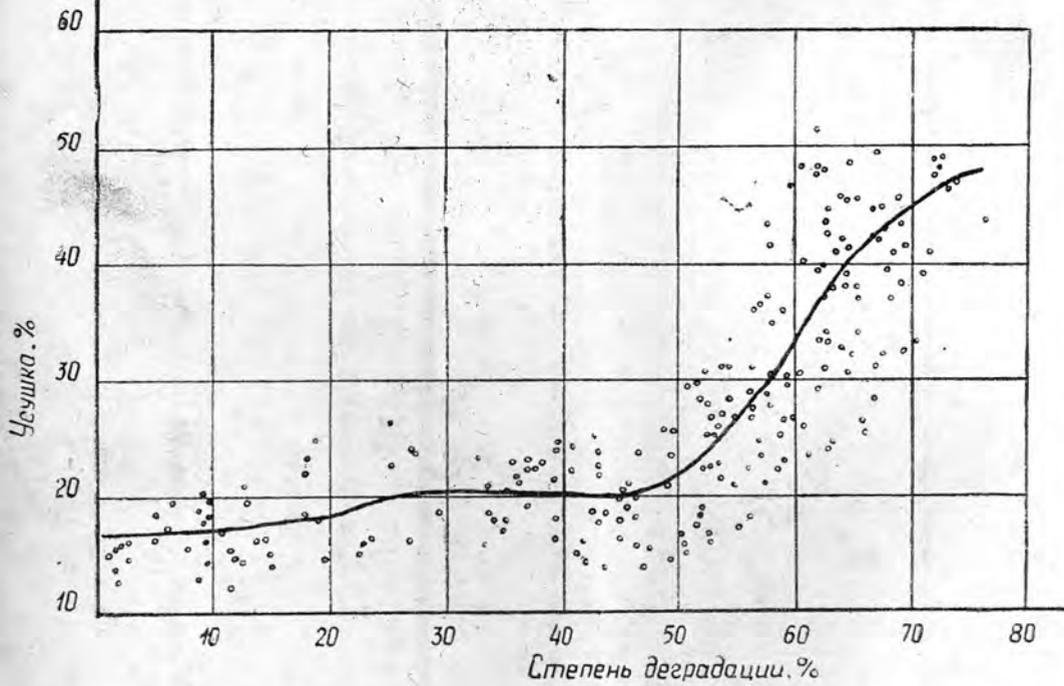


Рис. 7. Зависимость между полной объемной усушкой археологической древесины сосны и ее степенью деградации.

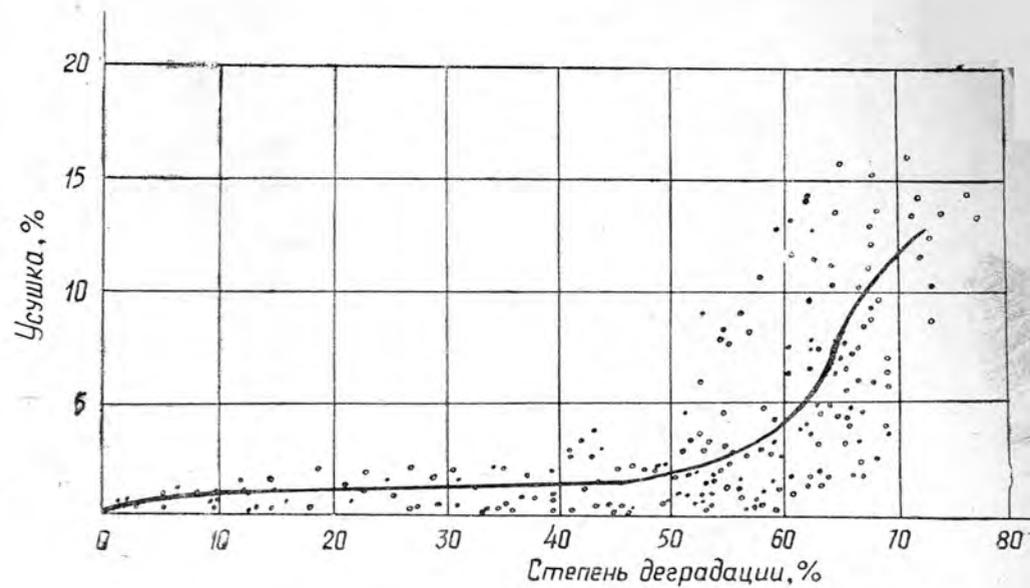


Рис. 8. Зависимость между полной усушкой вдоль волокон археологической древесины сосны и ее степенью деградации.



Рис. 9. Торцовый срез древесины сосны 1-й степени деградации, увелич. в 80 раз.

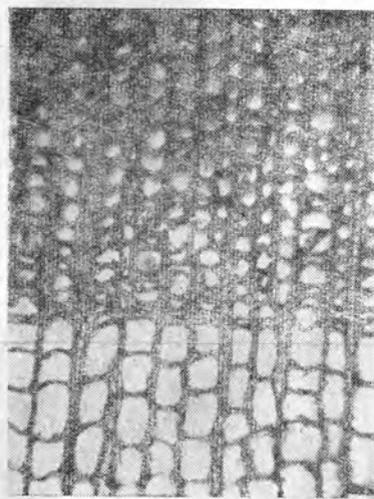


Рис. 10. Торцовый срез древесины сосны 2-й степени деградации, увелич. в 80 раз.



Рис. 11. Торцовый срез древесины сосны 3-й степени деградации, увелич. в 533 раза.

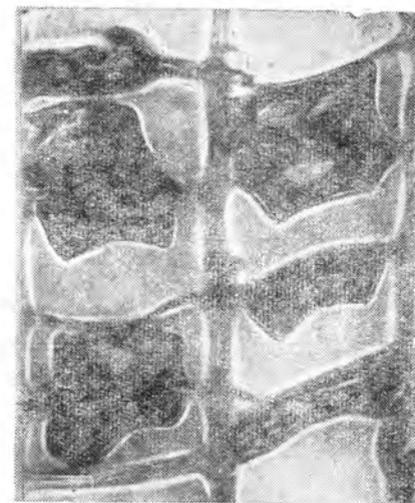


Рис. 12. Торцовый срез древесины сосны 4-й степени деградации, увелич. в 533 раза.

05  
И 332  
150

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

6

---

1975