

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ ОДИННАДЦАТЫЙ*

2

1968

АРХАНГЕЛЬСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени В. В. КУЙБЫШЕВА

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

---

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

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная **В. И. Ленина**, 17.  
Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

---

## «ЛЕСНОМУ ЖУРНАЛУ» ДЕСЯТЬ ЛЕТ

Десять лет прошло с того времени, когда вышел в свет первый номер «Лесного журнала», органа Министерства высшего и среднего специального образования СССР, одного из серии «Известий высших учебных заведений». Издание журнала было поручено Архангельскому лесотехническому институту.

Наш журнал носит имя своего славного предшественника, который появился в дореволюционной России в 1833 г. и с перерывом издавался до 1918 г. Прежний «Лесной журнал» отражал развитие главным образом лесоводственной науки, в чем он достиг больших успехов. Малое отражение находили в нем лесотехнологические вопросы (лесозаготовка, обработка древесины и т. п.). Наш современный «Лесной журнал» с самого начала имеет другое направление. В нем публикуются статьи по всем вопросам лесного дела.

В соответствии с этим журнал публикует материалы по важнейшим вопросам развития лесного хозяйства, лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической отраслей промышленности. В первую очередь в статьях журнала освещаются результаты научно-исследовательских работ, выполненных работниками вузов, передовой отечественный опыт, определяющий направление и развитие научных исследований во всех отраслях лесного дела, опыт зарубежных стран. Публикуются также статьи, связанные с внедрением в производство научно обоснованных технологических методов, материалы научных конференций и совещаний, рецензии на учебники и монографии, освещается жизнь высших учебных заведений и интересные идеи и факты из зарубежной науки и практики и другие материалы.

Особое внимание редакция журнала уделяет теоретическим проблемам, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в лесу и на фабрично-заводских предприятиях, занятых переработкой древесины и ее продуктов, экономике и организации производства. Значение этих материалов все более растет в связи с развитием и реконструкцией материально-технической базы лесного дела, с внедрением в производство новых методов планирования и экономического стимулирования.

Все сказанное предопределяет контингент читателей «Лесного журнала», рассчитанного на научных работников, аспирантов, инженеров, преподавателей и студентов старших курсов.

За время своего существования журнал нашел широкое признание — он распространяется по подписке во всех республиках, краях и областях Советского Союза, а также во многих странах мира. Этому способствует, помимо прочих факторов, широкий географический диапазон публикаций: от северной подзоны тайги до Закавказья и от западных границ Белоруссии и Украины до Сахалина.

За 10 лет существования журнала вокруг него из числа научных работников, оказывающих большую помощь в работе редакции,

сложился огромный авторский и рецензентский актив. В этом активе есть академики, профессора и доктора наук, доценты, кандидаты наук, старшие и младшие научные сотрудники, аспиранты, инженеры. Среди них можно назвать академиков Белорусской Академии наук И. Д. Юркевича и Грузинской АН В. З. Гулисашвили, действительного члена Академии строительства и архитектуры Ю. И. Иванова, академиков ВАСХНИЛ Н. П. Анучина и А. С. Яблокова, профессоров-докторов наук Б. Д. Жилкина, А. К. Славянского, Н. Я. Солечника, В. В. Огиевского, П. П. Аксенова, В. И. Шаркова, С. Ф. Орлова, Н. А. Коновалова и многих других. Число авторов к настоящему времени превзошло 2000 человек, рецензентов — более 300.

В составе редакционной коллегии многие годы трудятся акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов, профессора С. Я. Коротов, А. Э. Грубе. Ранее были активными членами редколлегии профессора М. Д. Данилов, В. К. Захаров, О. Г. Каппер, И. М. Науменко и ряд других. Особенно большая часть работы ложится на тех членов редакционной коллегии, которые живут в Архангельске и повседневно связаны с журналом.

Журнал ведет большую переписку с авторами, рецензентами и читателями, принимает с благодарностью и учитывает в своей работе поступающие в редакцию критические замечания. Огромное значение имеет непосредственное общение руководителей журнала с читателями на специальных читательских конференциях. Они были проведены в Красноярске, Свердловске, Москве, Йошкар-Оле, Воронеже и Минске. Эти конференции оказались очень полезными и способствовали улучшению работы редакции журнала. По-видимому, нашим читателям и авторам также было интересно ближе ознакомиться с работой редакционной коллегии и ее планом на будущее.

Работа журнала за истекший период может быть охарактеризована следующими цифрами. Выпущено за 10 лет 60 номеров журнала общим объемом 900 печ. листов. Опубликовано 2000 статей. В редакцию поступает в среднем в течение года около 400 статей.

Десятилетний опыт позволяет наметить очередные задачи на последующий период. Прежде всего мы принимаем решительные меры к ускорению публикации материалов; уже в текущем году в этом отношении будет сделан серьезный шаг. Далее мы намерены шире освещать жизнь и работу вузовских коллективов, проблемных и отраслевых лабораторий, систематически информировать читателей о результатах научных исследований, выполненных не только вузами, но и институтами академий наук и отраслевыми научными организациями; особое внимание будет по-прежнему направлено на теоретические разработки во всех отраслях лесного дела. Мы будем продолжать активную работу с читателями, в первую очередь, путем организации читательских конференций.

Редакционная коллегия журнала выражает надежду, что в выполнении задач, стоящих перед нами, мы получим поддержку и помощь со стороны ученых лесных вузов, которые в возрастающей степени будут участвовать в жизни своего родного печатного органа как авторы, рецензенты, подписчики и агитаторы за самое широкое распространение «Лесного журнала».

---

УДК 581.169 : 634.0.892.6

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

НАСЛЕДУЕМОСТЬ УРОВНЯ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Е. П. ПРОКАЗИН, А. В. ЧУДНЫЙ

(ВНИИЛМ)

Установлено, что деревья сосны обыкновенной, интенсивно выделяющие живицу, отличаются рядом особенностей, говорящих об их высокой жизнеспособности и большой технической ценности. Они обильно плодоносят, образуя семена повышенных посевных качеств, имеют мощную корневую систему, меньше транспирируют, активнее ассимилируют, более устойчивы к хвоегрызущим и стволовым вредителям, древесина у них более плотная, а в составе скипидара преобладает  $\alpha$ -пинен, имеющий наибольшее применение в промышленности и химии [1], [4], [5], [6].

Однако вопрос о целесообразности и эффективности массового размножения высокосмолопродуктивных деревьев сосны обыкновенной может быть решен лишь после подтверждения наследования материнского уровня смолопродуктивности потомством этих деревьев.

Решение вопроса о генетической обусловленности уровня смолопродуктивности деревьев имеет и важное теоретическое значение для обоснования методики индивидуального отбора в селекционных целях.

Отбор материнских деревьев проводили по прямому признаку, то есть по выходу живицы на карроподновку.

Для оценки степени наследственного влияния матери на развитие селекционируемого признака (в данном случае смолопродуктивности) нами был применен показатель наследуемости  $h^2$ . Эту величину получают на основе анализа однофакторного дисперсионного комплекса как отношение факториальной суммы квадратов к общей, куда входит факториальная дисперсия и дисперсия, полученная от действия неорганизованных в опыте факторов. Доля передачи потомству свойств матери при этом понимается как степень влияния разнообразия признака у матери на разнообразие его у потомков [2], [3].

Известно, что существует тесная положительная связь между смолопродуктивностью дерева и линейным числом продольных смоляных ходов в древесине. Поэтому первое представление о наследуемости материнского уровня смолопродуктивности можно получить, изучая развитие системы смолоходов в семенном и вегетативном потомстве.

По результатам эксперимента, проведенного в Кировской области, показатель наследуемости числа продольных смоляных ходов у двухлетних сеянцев, выросших из семян ветроопыленных сосен, составляет 0,369, а у двухлетних прививок — (имеется в виду привойная часть, развивающаяся из черенка взрослого дерева после прививки на осевой побег шестилетних сосен в местных посадках) — 0,839. Это значит, что в семенном потомстве 36,9%, а в вегетативном 83,9% растений по числу смолоходов занимают такое же положение в ряду распределения, как и их матери. Это позволяет надеяться на высокий уровень наследования прямого признака — смолопродуктивности.

Экспериментальная проверка наследуемости уровня смолопродуктивности потомством сосен с разным смоловыделением произведена на опытных объектах в Московской и Пензенской областях. Это 12-летние культуры, выращенные из семян ветроопыленных сосен, и 6-летние прививки. Во всех случаях оценку смолопродуктивности потомков производили по длине потоков живицы, выделяющейся из круглых ранений луба, нанесенных с северной и южной сторон ствола.

Основные результаты испытания 12-летнего семенного потомства приведены в табл. 1. Разница в выходах достоверна даже при третьей степени вероятности безошибочного суждения, то есть при  $P = 0,999$ . Следовательно, разный уровень смолопродуктивности всех отобранных материнских деревьев является не результатом модификационной изменчивости, а определяется генотипом. Резкое различие в выходах живицы наблюдается при практически одинаковом диаметре потомства обеих категорий смолопродуктивности.

Материнские деревья		Потом.			
№	смолопродуктивность	сторона света	статистические данные		
			М, см	$\pm m$	n
$\frac{16}{16a}$	$\frac{71}{34}$	Север	$\frac{49,1}{8,6}$	$\frac{2,8}{1,7}$	$\frac{73}{7}$
		Юг	$\frac{49,5}{9,3}$	$\frac{3,1}{2,4}$	$\frac{75}{8}$
$\frac{27}{27a}$	$\frac{68}{33}$	Север	$\frac{29,3}{15,6}$	$\frac{2,2}{1,9}$	$\frac{54}{45}$
		Юг	$\frac{34,6}{16,7}$	$\frac{2,8}{1,8}$	$\frac{53}{45}$
$\frac{9}{10}$	$\frac{56}{26}$	Север	$\frac{29,7}{15,5}$	$\frac{3,2}{1,9}$	$\frac{29}{30}$
		Юг	$\frac{29,5}{11,0}$	$\frac{3,0}{2,0}$	$\frac{30}{30}$
$\frac{17}{18}$	$\frac{76}{37}$	Север	$\frac{34,2}{15,7}$	$\frac{2,5}{1,8}$	$\frac{30}{40}$
		Юг	$\frac{34,3}{15,1}$	$\frac{2,9}{1,7}$	$\frac{32}{41}$
$\frac{79}{80}$	$\frac{61}{25}$	Север	$\frac{35,8}{15,7}$	$\frac{3,1}{1,9}$	$\frac{8}{39}$
		Юг	$\frac{34,2}{13,2}$	$\frac{4,8}{1,9}$	$\frac{9}{39}$

Примечание. В числителе — данные для высокосмолопродуктивной группы, в Бовской области (№ 16, 16а; 27 и 27а) определена по результатам производственной с последующим пересчетом выхода на карроподновку и введением поправки на попродуктивной группы в два и более раз ниже, чем у сосен высокосмолопродуктивной

Полученные результаты означают, что при ветроопылении смолопродуктивность матери доминирует.

В результате анализа дисперсионного комплекса нами установлено, что для всей совокупности деревьев показатель наследуемости смолопродуктивности равен 0,511 при весьма высокой степени достоверности ( $F = 38,2$  при  $F_{st} = 1,8; 2,3; 3,0$ ).

Основные результаты испытания 6-летнего вегетативного потомства приведены в табл. 2. Различия в смолопродуктивности привитой части деревьев (привоев) очень велики: 39,1 и 4,3 см.

Расчитанный нами показатель наследуемости уровня смолопродуктивности вегетативным потомством (привоями) сосен высокой и низкой смолопродуктивности оказался равным 0,787 при  $F = 26,3; F_{st} = 4,0; 7,0; 11,6$ .

Согласно общепринятому толкованию и результатам испытания, можно заключить, что в семенном потомстве не менее 50%, а в вегетативном около 80% деревьев наследуют материнский уровень смолопродуктивности.

Установленные нами показатели наследуемости уровня смолопродуктивности вполне надежно и достоверно подтверждают существование форм разной смолопродуктивности как особых наследственных категорий в пределах вида сосны обыкновенной. Это подтверждает

Таблица 1

ство % смолопродуктивности		Критерий достоверности разницы		Соотношение выхода живицы	
V, %	P, %	t	t <sub>3</sub> (P=0,999)	у материнских деревьев	у потомства
49,0	5,7	12,3	3,4	2,1	5,7
52,1	19,7				
53,8	6,2	10,7	3,4	2,1	5,3
73,5	25,9				
54,4	7,4	4,7	3,4	2,1	1,9
83,9	12,5				
58,7	8,0	5,4	3,4	2,1	2,1
73,0	10,9				
57,0	10,6	3,9	3,5	2,2	1,9
66,6	12,1				
58,5	10,6	5,0	3,5	2,2	2,7
101,8	18,5				
40,2	7,4	5,9	3,4	2,1	2,2
74,0	11,7				
48,0	8,5	7,4	3,4	2,1	2,3
73,0	11,2				
24,5	3,6	5,5	3,5	2,4	2,3
75,2	12,0				
42,3	11,1	4,1	3,5	2,4	2,6
89,0	14,0				

знаменателе — для низкосмолопродуктивной. Смолопродуктивность деревьев из Тамподочки, а деревьев из Липецкой области (№ 9, 10, 17 и 18) — по методу сверления тери живицы в смолоприемном устройстве. Смолопродуктивность сосен низкосмологруппы. Для насаждения в целом это деревья средней смолопродуктивности.

также высокую эффективность индивидуального отбора по фенотипическому признаку (в данном случае выходу живицы).

Показатели наследуемости уровня смолопродуктивности имеют большое практическое значение. Пользуясь ими, можно ориентировочно установить будущую смолопродуктивность закладываемого насаждения или подсочной плантации.

Селекционный отбор и массовое размножение высокосмолопродуктивных деревьев сосны обыкновенной семенным и вегетативным путем позволят резко повысить смолопродуктивность подсаживаемых насаждений, а следовательно, и экономическую эффективность терпентинного производства. Можно полагать также, что доминирование по признаку смолопродуктивности будет сопровождаться высоким уровнем наследования и других хозяйственно ценных признаков.

Таблица 2

Статистические показатели	Диаметр у шейки корня, см	Высота места прививки, м	Общая высота, м	Смолопродуктивность (длина погека), см
<i>M</i>	$\frac{6,91}{6,46}$	$\frac{1,22}{1,23}$	$\frac{3,37}{3,29}$	$\frac{39,10}{4,30}$
<i>n</i>	$\frac{34}{44}$	$\frac{36}{44}$	$\frac{34}{44}$	$\frac{20}{34}$
$\pm m$	$\frac{0,245}{0,220}$	$\frac{0,036}{0,030}$	$\frac{0,080}{0,072}$	$\frac{2,83}{0,88}$
<i>V</i> , %	$\frac{20,7}{22,6}$	$\frac{17,7}{16,5}$	$\frac{13,9}{14,6}$	$\frac{32,4}{119,0}$
<i>P</i> , %	$\frac{3,5}{3,4}$	$\frac{2,8}{2,4}$	$\frac{2,3}{2,2}$	$\frac{7,2}{20,4}$
Критерий достоверности разницы <i>t</i>	1,3	0,3	0,7	11,7

Примечание. В числителе — данные для привоев от высокосмолопродуктивного дерева, в знаменателе — от низкосмолопродуктивного. При числе степеней свободы *y* от 63 до 175  $t_1 = 2,0$ ;  $t_2 = 2,6$ ;  $t_3 = 3,4$  ( $y = y_1 + y_2 - 2$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. И. Бардышев. Изучение химического состава отечественных скипидаров и превращение некоторых их компонентов. Автореферат докторской диссертации, Институт органической химии АН СССР, М., 1965. [2]. М. Е. Лобашов. Генетика. Изд. Ленинградского университета, 1963. [3]. Н. А. Плохинский. Наследуемость. Редакционно-издательский отдел АН СССР, Новосибирск, 1964. [4]. Е. П. Проказин. Селекция смолопродуктивных форм сосны обыкновенной. Сб. «Опыт и достижения по селекции лесных пород». Изд. Министерства сельского хозяйства СССР, М., 1959. [5]. А. А. Хиров. Некоторые итоги селекции и семеноводства сосны обыкновенной в Бузулукском бору. Сборник работ Боровой ЛОС по лесному хозяйству, вып. 2, Южно-Уральское книжное изд-во, 1965. [6]. А. В. Чудный. О некоторых признаках и свойствах сосен высокой и низкой смолопродуктивности в Кировской области. Сб. «Селекция и семеноводство древесных пород». Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965.

Поступила в редакцию  
12 января 1967 г.

УДК 631.874

## ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ДУБА В ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

М. А. ЕГОРЕНКОВ

(Белорусский технологический институт)

Продуктивность, защитные и противоэрозионные свойства лесных полос, создаваемых на эродированных склонах, во многом зависят от биологических особенностей древесных пород, агротехники создания искусственных насаждений, роста и развития надземных и подземных органов растений в различные периоды жизни насаждения.

Цель наших исследований — выявление характера развития корневых систем дуба под влиянием междурядной культуры многолетнего люпина (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) и оценка его мелиоративного значения, а также влияния на рост и развитие дуба.

Кафедрой лесоводства Белорусского технологического института ([1] и др.) установлено, что междурядная культура многолетнего люпина способствует повышению плодородия лесных почв, а это, согласно исследованиям А. П. Тольского [4], Н. А. Качинского [2], И. Н. Рахтеевко [3] и др., должно вести к изменению характера развития, строения корневых систем и их расположения по горизонтам.

Изучение корневых систем проводили в культурах дуба, созданных Придеснянской опытной станцией в Черниговской области на серых и темно-серых оподзоленных супесчаных почвах, подстилаемых суглинками легкими крупнопылеватыми. Район характеризуется типичным овражно-балочным рельефом, изрезанным густой сетью ручьев, оврагов и балок. Грунтовые воды не ниже 25—30 м. Секции с люпином и контрольные создавали в одном году и располагали рядом в одинаковых почвенно-грунтовых условиях. Корневые системы изучали в 1965 г. путем траншейных раскопок по методике И. Н. Рахтеевко [3] и сухой раскопкой корней по направлению их роста.

Все полосы представляют собой чистые насаждения дуба, за исключением пробной площади № 4, являющейся смешанным насаждением дуба с ясенем обыкновенным. На пробной площади № 1 на второй год после посадки культур весной разбросным способом был высеян многолетний люпин из расчета 25 кг/га; на всех остальных площадях люпин введен сплошным посевом одновременно с посадкой культур из расчета 35 кг/га. На пробной площади № 1 к моменту исследования люпин значительно изредился вследствие смыкания культур; степень покрытия им почвы — 20% при общем покрытии травами 60%. Вес надземной массы люпина составляет 502 кг/га (на абс. сухой вес) при общем запасе живого напочвенного покрова 784 кг/га.

На пробных площадях № 2 и 3 люпин вытеснен полностью и встречается лишь на опушках полос. В смешанных культурах степень покрытия им почвы составляет 10% и в гнездовых — 14% при общем покрытии почвы 72 и 87%.

Характеристика надземных и подземных органов дуба, а также весовые данные средних модельных деревьев даны в табл. 1.

Корневая система 8-летнего дуба ясно выраженная стержневая с довольно мощным горизонтальным ветвлением. Корни 16-летнего дуба в приовражных полосах на секциях с люпином исключительно мощные, особенно стержневой, боковые ответвления также массивны. Характерно незначительное ветвление в подзолистом горизонте: корни лишь пронизывают его. В гнездовых культурах наблюдается слабое боковое ветвление и сосредоточение основной массы корней в гумусовом горизонте. Непосредственно под подстилкой корни образуют своеобразные «корневые метлы» с сетью многочисленных передетенных мелких ко-

№ пробной площади	Тип полосы	Число деревьев на 1 га, шт.	Секция и способ создания культур	Возраст культур, лет	Средняя высота, см	Средний диаметр, мм	
						на 1/2 H	на высоте 1,3 м
1	Прибалочная	12389	Контроль рядовые	8	181,2	14,0	—
		12056	С люпином рядовые	8	214,3	15,5	—
2	"	4290	Контроль рядовые	16	352,5	30,4	38,8
		4372	С люпином рядовые	16	509,9	37,9	58,0
		7217	С люпином гнездовые	16	354,7	24,4	31,1
3	Полезащитная	5806	Контроль рядовые	15	333,6	—	31,2
		6833	С люпином рядовые	15	421,8	—	35,6
4	"	4533	Контроль рядовые	15	389,0	—	39,6
		5788	С люпином рядовые	15	451,2	—	46,9
		9250	С люпином гнездовые	15	333,3	—	25,2

решков. Такие корни имеют небольшое боковое ветвление, до 230 см, и легко отделяются вместе с подстилкой при вытягивании. Аналогичное строение корневых систем мы наблюдали только у ясеня, но не встречали у дуба в рядовых посадках.

Во всех полосах наблюдается тенденция к горизонтальному распространению корней преимущественно в сторону междурядий.

Основное ветвление имеет место до 30 см в глубину от шейки корня; на глубину 360—400 см проникают лишь отдельные мелкие корешки, в большинстве случаев по ходам отмерших корней. О степени развития корневых систем дуба можно судить по отношению веса корней к весу надземной части дерева. На секциях с люпином оно ниже, чем на контрольных, но в абсолютном весе корневые системы на секциях с люпином превосходят корневые системы на контрольных. Если общий вес абс. сухих корней на 1 м<sup>2</sup> междурядия до глубины их распространения в 8-летнем возрасте равен 424,3 г на контроле, то на секции с люпином он составляет 544,2 г; в 16-летнем возрасте соответственно 1105,7 и 1320,0 г в рядовых и 841,2 г в гнездовых. Таким образом, у дуба под влиянием люпина развивается более мощная корневая система, чем на контрольных секциях, но меньшая надземная часть.

Из рис. 1 и 2 и табл. 2 видно, что основная масса корней находится в верхних горизонтах почвы: до глубины 60 см в рядовых посадках и до 40 см в культурах гнездового посева. На секциях с люпином корни по почвенным горизонтам распределяются более равномерно, чем на контрольных.

Вес корней толщиной до 1 мм на секции с люпином в 8-летних культурах составляет 15,3% от общего, а на контроле — 17,1%.

С возрастом соотношение мелких корней несколько изменяется.

Таблица 1

Средний абс. сухой вес одного растения, г					Глубина проникновения корней в почву, см	Радиус распространения корней, см	Отношение веса корней к весу надземной части
ствола	сучьев	листьев	корня	всего			
211,2	82,6	63,6	291,8	649,2	260	205	0,82
240,9	75,9	71,5	321,8	710,1	320	185	0,83
2951,21	1011,1	247,1	2497,2	6706,6	360	390	0,59
4087,5	821,5	226,5	2490,7	7626,2	340	485	0,48
2327,3	378,7	151,3	1421,4	4278,7	360	230	0,50
1336,0	331,0	202,2	1352,0	3221,2	230	520	0,72
2914,9	440,3	271,2	1669,5	5295,9	220	390	0,46
2548,8	1263,4	330,1	3427,6	7569,9	370	650	0,83
3028,1	601,1	344,0	2543,6	6516,8	320	510	0,64
1825,3	760,6	183,9	1728,1	4497,9	465	380	0,62

Таблица 2

Глубина, см	Пробная площадь № 1 (8 лет)		Пробная площадь № 2 (16 лет)		
	с люпином, рядовая	контроль, рядовая	с люпином, рядовая	контроль, рядовая	с люпином, гнездовая
0—20	36,7	53,6	32,5	28,4	51,7
20—40	26,7	10,1	23,6	20,4	22,0
40—60	16,6	11,4	21,7	23,4	6,4
0—60	80,0	75,1	77,8	72,2	80,1

На контрольной секции в 16-летних культурах вес деятельных корней равен 5,1%; на секции с люпином — 9,0% и в гнездовых посевах — 12,3%. Вес мелких корней соответственно равен: на контроле 56,1 г, на секции с люпином 119,3 г и в гнездовых посевах 103,6 г.

На всех секциях с люпином влажность корней на 1,5—4,7% выше, чем на контрольных, что является показателем лучшей обеспеченности влагой насаждений, где введен люпин.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Жилкин. Повышение продуктивности лесов культурой люпина. Минск, 1965. [2]. Н. А. Качинский. Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Труды Московской областной опытной сельскохозяйственной станции, вып. 7, 1925. [3]. И. Н. Рахтеенко. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963. [4]. А. П. Гольский. К вопросу о влиянии типа почвы на строение корней сосны. Труды опытного лесничества, вып. 2, 1904.

Поступила в редакцию  
10 марта 1967 г.

УДК 634.0.2

**РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ  
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В. А. БУГАЕВ, В. Б. ЛУКЬЯНЕЦ**

(Воронежский лесотехнический институт)

Леса Воронежской области, расположенные в лесостепной зоне, выполняют важные защитные функции, поэтому 76% площади гослесфонда относится к лесам первой группы. Велика роль этих лесов и в обеспечении народного хозяйства древесиной. Наибольшую площадь занимают дубовые (55,6%) и сосновые (24%) насаждения, часть площади — осиновые (5,3%), а также другие мягколиственные (3,2%) и твердолиственные (2,8%) породы и даже кустарники. Эти насаждения характеризуются невысокой продуктивностью и низким качеством древесины. Анализ состояния лесного фонда показывает, что при существующем распределении площади по породам имеет место нерациональное использование лесных богатств. Поэтому нами была определена возможная лесопокрытая площадь с учетом местопроизрастания и биологических особенностей пород для более целесообразного использования лесных земель.

В качестве главных пород для Воронежской области принимают дуб и сосну. Кроме того, выращивают быстрорастущие породы: тополь (лавролиственный, бальзамический, берлинский, канадский, черный), лиственницу, ольху, березу. На площадях, мало пригодных для выращивания главных пород, сохраняют менее ценные, но приспособленные к росту в этих условиях: ильмовые, клен, липу, ветлу и осину.

Предусматривалась замена главными и ценными породами: мягколиственных временного типа в условиях местопроизрастания А<sub>1</sub>—А<sub>3</sub>, В<sub>1</sub>—В<sub>3</sub>, С<sub>1</sub>—С<sub>2</sub> сосняками (3,9 тыс. га); дубрав низшей продуктивности (типы А<sub>1</sub>—А<sub>3</sub>, В<sub>1</sub>—В<sub>3</sub>, С<sub>1</sub>—С<sub>2</sub>) сосной (11,6 тыс. га); порослевых насаждений дуба и прочих твердолиственных пород низкой и средней продуктивности и временного типа (С<sub>3</sub>, D<sub>0</sub>—D<sub>4</sub>, E<sub>0</sub>—E<sub>4</sub>, F<sub>2</sub>—F<sub>3</sub>) семенными дубовыми (33,2 тыс. га); мягколиственных насаждений временного типа в условиях местопроизрастания D<sub>1</sub>—D<sub>3</sub>, E<sub>1</sub>—E<sub>3</sub> дубовыми (3,1 тыс. га); малопродуктивных насаждений мягколиственных пород и тальников в типах В<sub>3</sub>—В<sub>4</sub>, С<sub>3</sub>—С<sub>4</sub>, D<sub>3</sub>—D<sub>5</sub>, E<sub>2</sub>—E<sub>4</sub>, F<sub>3</sub> быстрорастущими (10,4 тыс. га). Предполагалось создание культур главных пород на непокрытых лесом площадях: сосны в типах леса А<sub>1</sub>—А<sub>3</sub>, В<sub>1</sub>—В<sub>3</sub>, С<sub>1</sub>—С<sub>3</sub>, F<sub>1</sub> (25,0 тыс. га) и дуба в типах С<sub>2</sub>—С<sub>3</sub>, D<sub>0</sub>—D<sub>3</sub>, E<sub>0</sub>—E<sub>3</sub> (15,3 тыс. га); облесение непокрытых лесом площадей быстрорастущими породами: тополями в условиях С<sub>3</sub>—С<sub>4</sub>, D<sub>3</sub>—D<sub>4</sub>, E<sub>3</sub>—E<sub>4</sub> (3,8 тыс. га), лиственницей в С<sub>3</sub>, D<sub>2</sub>, E<sub>2</sub> (2,0 тыс. га), ольхой черной и ивой в типах D<sub>5</sub>, E<sub>4</sub> (1,8 тыс. га) и березой в F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> (0,3 тыс. га).

Из данных табл. 1 можно видеть, что благодаря рациональному распределению площадей между породами, в лесах будущего площадь насаждений сосны увеличится на 55%, дуба — на 11%, ольхи — на 16% и тополей в 4,6 раза.

Таблица 1

Хозяйство	Порода	Лесопокрытая площадь, тыс. га	
		действительная	возможная
Хвойное	Сосна	72,9	113,3
	Лиственница	—	2,0
	Итого	72,9	115,3

Продолжение табл. 1

Хозяйство	Порода	Лесопокрытая площадь, тыс. га	
		действительная	возможная
Дубовое высшей продуктивности	Дуб . . . . .	51,1	61,0
	Ясень . . . . .	3,6	0,4
	Прочие твердолиственные . . . . .	0,2	0,2
	Итого . . . . .	54,9	61,6
Дубовое средней продуктивности	Дуб . . . . .	46,8	84,8
	Ясень . . . . .	1,1	0,5
	Прочие твердолиственные . . . . .	0,7	0,1
	Итого . . . . .	48,6	85,4
Дубовое низшей продуктивности	Дуб . . . . .	42,5	15,2
	Ясень . . . . .	1,2	0,1
	Прочие твердолиственные . . . . .	1,6	0,1
	Итого . . . . .	45,3	15,4
Дубовое пойменное	Дуб . . . . .	21,7	25,6
	Ясень . . . . .	0,8	0,5
	Прочие твердолиственные . . . . .	4,8	0,1
	Итого . . . . .	27,3	26,2
Дубовое временное	Дуб . . . . .	5,8	—
	Прочие твердолиственные . . . . .	0,4	—
	Итого . . . . .	6,2	—
Всего по дубовым хозяйствам	Дуб . . . . .	167,9	186,6
	Ясень . . . . .	6,7	1,5
	Прочие твердолиственные . . . . .	7,7	0,5
	Итого . . . . .	182,3	188,6
Мягколиственное постоянное	Осина . . . . .	10,0	10,0
	Береза . . . . .	2,9	2,9
	Липа . . . . .	0,2	0,2
	Тополь . . . . .	2,2	10,9
	Ветла . . . . .	1,9	2,1
	Итого . . . . .	17,2	26,1
Мягколиственное временное	Осина . . . . .	6,1	—
	Береза . . . . .	0,2	—
	Липа . . . . .	0,3	—
	Тополь . . . . .	0,2	—
	Ветла . . . . .	1,7	—
	Итого . . . . .	8,5	—
Ольховое	Ольха . . . . .	14,3	17,2
Всего по мягколиственным хозяйствам	Осина . . . . .	16,1	10,0
	Береза . . . . .	3,1	2,9
	Липа . . . . .	0,5	0,2
	Тополь . . . . .	2,4	10,9
	Ветла . . . . .	3,6	2,1
	Ольха . . . . .	14,3	17,2
	Итого . . . . .	40,5	43,3
Тальниковое	Тальник . . . . .	4,8	1,5
Орехо-плодовое	Плодовые, лещина . . . . .	1,0	1,0
Всего		301,5	349,6

Хозяйство	Порода	Лесопокры- тая площадь, тыс. га	Класс бонитета	Полнота
Хвойное	Сосна . . . . .	113,2	I,5	0,80
	Лиственница . . . . .	2,0	Ia,5	0,90
	Итого . . . . .	115,2	I,4	0,80
Дубовое	Высшей продуктивности	61,0	I,5	0,80
	Средней . . . . .	84,8	II,5	0,80
	Низшей . . . . .	15,2	III,0	0,80
	Пойменная . . . . .	25,6	II,0	0,80
	Прочие твердолиствен- ные . . . . .	2,0	II,0	0,80
	Итого . . . . .	188,6	II,1	0,80
Мягко- лиственное	Осина . . . . .	10,0	I,0	0,85
	Береза . . . . .	2,9	I,5	0,85
	Липа . . . . .	0,2	II,0	0,80
	Тополь . . . . .	10,9	Ia	0,90
	Ветла . . . . .	2,1	Ia	0,85
	Итого . . . . .	26,1	Ia,6	0,86
Ольховое	Ольха . . . . .	17,2	I	0,85
Прочие породы		2,5	—	—
Всего . . . . .		349,6	I,7	0,83

В соответствии с возможным распределением пород в пределах лесопокрытой площади и облесением непокрытых площадей повысится продуктивность лесов Воронежской области (табл. 2).

В табл. 3 расчет возможного среднего прироста приведен в двух вариантах: а) по действительному среднему возрасту хозяйства; б) по оптимальному среднему возрасту, равному половине оборота рубки. Величину среднего прироста на 1 га брали из таблиц хода роста. Класс бонитета по породам был принят, исходя из условий местопроизрастания, полнота — оптимальная, с учетом проведения мероприятий по реконструкции насаждений и пополнению изреженных насаждений.

Из табл. 3 видно, что в среднем возрасте средний прирост на 1 га увеличится на 34%, а общий средний на 51% по сравнению с фактическим, в оптимальном возрасте соответственно на 47 и 75%. Повысится также продуктивность лесов, благодаря увеличению площади ценных пород.

Лесхозы Воронежской области проводят большие работы по улучшению лесов и повышению их продуктивности. За 1956—1964 гг. было создано около 35 тыс. га лесных культур, заготовлено 2,3 млн. м<sup>3</sup> древесины в порядке главных и лесовосстановительных рубок и 1,8 млн. м<sup>3</sup> в результате рубок ухода. Благодаря этому за последние 10 лет общий запас древесины в области возрос с 25,8 до 32,2 млн. м<sup>3</sup>, общий средний прирост — с 809 до 924 тыс. м<sup>3</sup>, средний прирост на 1 га лесопокрытой площади — с 2,9 до 3,2 м<sup>3</sup>. Эти показатели успешной работы воронежских лесоводов доказывают возможность коренной реконструкции лесного фонда области, результатом которой будет повышение продуктивности лесов.

Таблица 2

Средний прирост					
по фактическому среднему возрасту насаждения			по оптимальному среднему возрасту насаждения		
возраст, лет	на 1 га, м <sup>3</sup>	общий, тыс. м <sup>3</sup>	возраст, лет	на 1 га, м <sup>3</sup>	общий, тыс. м <sup>3</sup>
29	4,2	475	50	5,0	566
29	6,5	13	50	6,8	14
29	4,3	488	50	4,7	287
48	4,6	281	50	4,7	287
31	3,5	297	35	4,1	347
32	3,1	47	30	3,0	45
37	4,5	115	35	4,0	113
35	3,0	6	30	2,9	6
	4,0	746		4,3	798
30	5,0	50	25	4,5	45
30	4,0	12	25	3,5	10
30	3,0	1	25	2,7	1
25	6,5	72	15	7,0	77
20	6,0	12	15	6,5	13
—	5,6	147	—	5,6	146
28	6,0	103	25	5,5	95
—	—	—	—	—	—
—	4,3	1484	—	4,7	1619

Таблица 3

Хозяйство	Лесопокрытая площадь, га	Класс бонитета	Полнота	Действительный средний прирост	Возможный средний прирост	
					по среднему возрасту	по оптимальному возрасту
Хвойное	72,9	1,7	0,72	2,9	4,3	5,1
	115,2	1,4	0,80	202	488	580
Дубовое	182,3	II,5	0,68	3,0	4,0	4,3
	188,6	II,1	0,80	552	746	798
Мягколиственное	25,7	1,7	0,68	4,2	5,6	5,6
	26,1	Ia,6	0,80	134	147	146
Ольховое	14,8	1,7	0,68	3,9	6,0	5,5
	17,2	I,0	0,85	35	103	95
Итого	301,5	II,2	0,69	3,2	4,3	4,7
	349,6	I,7	0,83	923	1484	1619

Примечание. Для лесопокрытой площади, класса бонитета и полноты в числителе — действительные данные, в знаменателе — возможные; для среднего прироста — в числителе данные в м<sup>3</sup>/га, в знаменателе — в тыс. м<sup>3</sup>.

УДК 634.0.232.323.2

## ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ВОПРОСЕ ГУСТОТЫ ПОСЕВА ДУБА

П. Г. ВДОВИН

(Опытная станция полеводства Кишиневского сельскохозяйственного института)

Увеличивая количество семян, высаживаемых на посевном месте\*, мы рассчитываем на то, что, во-первых, на этой площади окажутся особи, обладающие достаточной жизнеспособностью, и, во-вторых, при различных повреждениях посевных мест часть растений в них может остаться в нормальном состоянии. При этом значительно повышается процент посевных мест, имеющих прижившиеся растения к возрасту смыкания крон. Увеличение густоты создает также условия для отбора лучших по росту.

Лесокультурная практика всегда пользуется возможностью отбора, поэтому первоначальная густота посева по всем схемам в 30 и более раз превосходит число взрослых деревьев, которое нужно вырастить на данной площади. Чем гуще посев, тем больше шансов на отбор лучших экземпляров; при неограниченном увеличении густоты наблюдается общая задержка в росте и развитии, а в степных условиях — даже гибель из-за недостатка влаги. Поэтому важно выяснить для каждого конкретного случая минимальную густоту, при которой обеспечивается необходимый отбор по выживаемости и росту.

Выживаемость дубков на посевном месте в зависимости от густоты посева мы изучали в лесополосах учхоза Кетросы Кишиневского сельхозинститута. Для этого в 9-летних культурах, созданных строчно-луночным и гнездовым посевом дуба, были выделены учетные ряды с разной приживаемостью и проведен сплошной учет лунок и гнезд. На полосах гнездового посева процент приживаемости находили как для отдельных лунок, так и для гнезда в целом. На полосах строчно-луночного посева, кроме средней приживаемости отдельных лунок, определяли приживаемость звеньев строчки из 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 лунок. Для этого лунки по порядку записей сгруппированы в звенья по 2, а затем по 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Эти звенья, как и гнезда, считали за одно посевное место, и если в них оказывался хотя бы один прижившийся дубок, то звенья считались прижившимися\*\*. Обработанные таким образом данные делянок сгруппированы по сходным показателям средней приживаемости.

Наши фактические данные, полученные на недостаточно массовых наблюдениях, могут иметь некоторое отклонение от общей закономерности и не отражать всех случаев, встречающихся в практике. Мы считаем, что более полное и правильное определение приживаемости посевного места в зависимости от числа лунок в них возможно при помощи формул вариационной статистики.

Дело в том, что, соединяя отдельные лунки в звенья и гнезда (в посевные места), мы создаем различные группировки лунок с дубками и без дубков, которые в алгебре называются сочетаниями, а процесс деления ряда данных (вариант) на звенья подобен процессу, который

\* Для удобства рассмотрения вопросов, затрагиваемых в статье, введено понятие «посевное место» — площадь, на которой в средневозрастном насаждении ожидается одно дерево. При гнездовом способе посева — это гнездо, а при строчном — часть строчки, которая по длине и ширине междурядья занимает площадь будущего дерева.

\*\* Автору понятно, что приживается не звено, а растение в нем. Выражение «приживаемость посевного места» в статье применяется для краткости вместо «процент посевных мест, имеющих прижившиеся растения дуба».

в статистике называется зависимым испытанием или зависимой выборкой. При соединениях в звенья могут возникнуть все сочетания лунок, в том числе и такие, в которых во всех лунках есть дубки или, наоборот, их нет. Для вычисления вероятности появления любого сочетания при зависимых группировках (выборках, испытаниях) в статистике существуют специальные формулы.

Однако в нашей работе, когда общее число лунок в делянке взято не менее 100, вероятность того или иного сочетания, вычисленная по формуле зависимых испытаний, дает практически такие же результаты, какие можно получить по формуле бинома Ньютона

$$(p + q)^s = p^s + sp^{s-1}q + \frac{s(s-1)}{2!} p^{s-2}q^2 + \\ + \frac{s(s-1)(s-2)}{3!} p^{s-3}q^3 + \dots + \frac{s(s-1) \dots [s-(n-1)]}{n!} p^{s-n}q^n + \dots + q^s,$$

где  $p$  — доля прижившихся лунок в делянке;  $q$  — доля неприжившихся лунок в делянке;  $s$  — число лунок в звене.

Здесь каждый член разложения бинома является выражением вероятности того или иного сочетания лунок с дубками и без них, а последний член  $q^s$  вовсе не учитывает лунок с дубками и соответствует доле неприжившихся звеньев. Доля посевных мест с прижившимися растениями может быть выражена формулой  $1 - q^s$ .

Вычисленная таким образом приживаемость вполне согласуется с фактическими данными.

При помощи формулы бинома Ньютона нетрудно заранее определить количество лунок, необходимое для обеспечения приживаемости на посевном месте (не менее 2—4). Для практических расчетов густоты посева дуба необходимо иметь заранее составленную таблицу, по которой на основании (взятых из практики прошлых лет) данных фактической приживаемости отдельных лунок легко установить число лунок и семян, обеспечивающее необходимый уровень приживаемости дубков на посевном месте.

Увеличивая число лунок и семян, мы пользуемся отбором; при этом прижившимися считаем и те посевные места, где имеется хотя бы один дубок. Но для создания хорошего насаждения необходимо из прижившихся отобрать лучшие по силе роста деревья, для чего в каждом посевном месте следует иметь какое-то известное число деревьев. Для определения этого числа мы предварительно изучали индивидуальную изменчивость по высоте ствола как в гнездовых, так и в рядовых посевах дуба. Статистическая обработка данных наших измерений показывает, что коэффициент вариации высоты дубков в гнездах в возрасте 3—10 лет колеблется от 43 до 33%. Для опытных измерений на двух полосах выделены равные по рельефу, приживаемости и росту участки, имеющие 219 и 509 деревьев дуба. На этих участках проводили сплошные измерения всех дубков (от 2 до 7 лет).

Обработанные данные этих измерений, приведенные в табл. 1, показывают, что превышение средних из наибольших над средними из всех измерений закономерно возрастает с увеличением числа дубков в звеньях. Если это превышение выразить в долях основного отклонения  $\sigma$ , то оно по всем повторностям имеет довольно постоянное значение. С возрастом разница уменьшается в 3—4 раза\*, но не исчезает.

Из табл. 1 видно, что при увеличении числа деревьев в группе выше 8—10 шт. повышаются возможности отбора лучших, но резко снижается его эффективность. Так, каждое дерево, прибавленное в груп-

\* Г. Р. Эйтинген. Избранные труды. М., 1962.

Таблица 1

Показатели	Величина показателей					Среднее по всем повторностям
	для полосы № 35 в возрасте, лет			для полосы № 46 в возрасте, лет		
	2	3	6	6	7	
Количество измеренных дубков, шт.	219	208	188	509	502	—
Средняя арифметическая высота, см	25,4	38,7	114,0	140,0	175,0	—
Основное отклонение $\sigma$ , см	12,0	16,5	35,0	45,0	58,5	—
Превышение высоты лучших над средней в долях $\sigma$ при числе дубков в звеньях						
2	0,43	0,43	0,43	0,53	0,55	0,47
4	0,86	0,87	0,74	0,91	0,80	0,84
5	0,97	0,99	0,92	1,02	1,06	0,99
8	1,27	1,21	1,20	1,27	1,25	1,24
10	1,45	1,30	1,31	1,35	1,35	1,35
15	1,71	1,48	1,51	1,49	1,44	1,53
20	1,82	1,62	1,60	1,58	1,54	1,63
25	1,94	1,74	1,68	1,66	1,61	1,73
32	2,04	1,92	1,77	1,75	1,68	1,82

пу до 3 шт., увеличивает возможность отбора лучшего в среднем на 0,15 С, а в группу от 10 до 15 шт. — только на 0,036 С.

Поэтому мы считаем, что 8—10 прижившихся деревьев — то минимальное число, которое следует иметь на посевном месте в фазе дифференциации\* для отбора лучшего по силе роста. Подсчеты и практика показывают, что для достижения средней приживаемости лунок 75% нужно в посевном месте иметь пять лунок, а в них 30—35 всхожих желудей. При этом условии теоретически 24% посевных мест будет иметь по пять лунок с прижившимися дубками, 40% — по 4, 26% — по 3 и 10% — менее 3. (Последние 10% посевных мест с числом дубков меньше рассчитываемого мы считаем нужным допустить, так как для получения не менее 8 дубков в худших посевных местах необходимо сеять очень большое число семян.) Таким образом, 5 лунок на посевном месте (в котором впоследствии будет одно взрослое дерево, для условий средней приживаемости 75—82%) — наиболее удачная густота посева. Но эта рекомендация не может быть стандартом. В худших условиях количество лунок в посевном месте должно быть больше.

Для устранения перегущения в посевных местах с лучшей приживаемостью необходимо проведение своевременного прореживания. В этих условиях, когда отдельные лунки приживаются на 90%, достаточно в посевных местах делать по 4 лунки (24—28 желудей).

Рассмотренные методы, на наш взгляд, могут быть применены для решения вопроса об оптимальной густоте лесных культур и других пород во всех природных условиях, без закладки специальных опытов.

\* Для дуба такая фаза наступает в возрасте более 5 лет — после смыкания крон. Дубки, прижившиеся в первый год и погибшие до этого возраста, в отборе по силе роста участвовать не могут, а в культурах старше 10 лет начинается самоизреживание. Поэтому для расчетов густоты нужно брать данные приживаемости в возрасте от 5 до 10 лет.

УДК 634.0.181.65 : 674.032.475.4

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА МАТЕРИНСКИХ НАСАЖДЕНИЙ И ИХ ЛЕСОТИПОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ\***

**В. Я. ПОПОВ**

(Архангельский институт леса и лесохимии)

При изучении географических культур необходимо учитывать не только географическое происхождение семян, но и влияние на рост сосны типов леса материнских древостоев. Такие высказывания мы находим у О. Г. Каппера [3], [4], М. М. Вересина [1], В. В. Гурского, И. Н. Патлая [2], И. Н. Патлая [6], [7] и др.

Опытные географические культуры сосны 1959 г. заложены в квартале 41 учебно-спытного лесхоза Архангельского лесотехнического института (ст. Емца Архангельской области) на супесчаной сильноподзолистой почве. Бывший тип леса — сосняк-черничник.

Сведения о лесотипологическом происхождении семян, использованных в опыте, взяты нами из паспортов, составленных на местах. К сожалению, работники лесного хозяйства нередко пользовались различными классификациями типов леса, что до некоторой степени затрудняет сравнение.

Опытный материал по отдельным типам лесорастительных условий распределяется следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Группа типов леса	Тип леса материнского древостоя	Число образцов, заготовленных в данном типе леса	Группа типов леса	Тип леса материнского древостоя	Число образцов, заготовленных в данном типе леса
Свежие типы леса	Сосняк свежий . . .	27	Сухие типы леса	Сухой бор . . . . .	10
	Сосняк-брусничник . . .	16		Сосняк лишайниковый . . . . .	4
	Сосняк-черничник . . .	12			
	Сосняк травяной . . . . .	8			
	Сосняк-зеленомошник . . . . .	4			
	Сосняк разнотравный . . . . .	4			
	Сосняк-кисличник . . . . .	1			
Сосняк липовый . . . . .	1	Сосняк вересковый . . . . .	1		

Из табл. 1 видно, что наиболее полно представлены сосняки свежие. В насаждениях I класса бонитета заготовлено 8 образцов семян, II — 49, III — 25, IV — 8 и V — 2.

Посмотрим, повлияла ли некоторая неоднородность посевного материала, зависящая от происхождения по типам леса и производительности материнских насаждений, на устойчивость и рост сосен разного происхождения в условиях Архангельской области (табл. 2).

\* Работа выполнена под руководством доц., кандидата сельскохозяйственных наук П. И. Войчалы.

Показатели успешности культур 1959 г. в зависимости и их лесотипологического

№ образца	Происхождение семян		Характеристика материнских насаждений		
	область, республика	лесхоз	тип леса	класс бонитета	возраст, лет
2	Архангельская	Емецкий	Сосняк-брусничник	IV	100
13	Вологодская	Кирилловский	Сосняк-черничник	III	100
23	Ярославская	Брейтовский	"	II	100
24	"	Рыбинский	"	II	70
25	"	Ярославский	Сосняк-брусничник	II	40
29	Костромская	Судиславский	Сосняк свежий	II	100
44	Рязанская	Клепиковский	Сосняк-беломошник	II	60
45	"	Шелуховский	Сосняк свежий	I	40
46	Татарская	Пригородный	"	II	40
48	"	Бугульминский	Сосняк лишайниковый	II	100
73	Сумская	Сумский	Сосняк свежий	II—III	25
75	"	Ахтырский	"	I	60
84	Саратовская	Макаровский	"	II	100
85	"	Черкасский	"	IV	100

Результаты изучения сохранности и роста сосны в опытных культурах из разных мест СССР в зависимости от типов леса материнских древостоев по отдельным физико-географическим районам говорят о том, что экологическое происхождение семян отражается несущественно на сохранности и росте культур первого поколения. Например, при создании географических культур были использованы два образца семян сосны из Рязанской области. Один из них был заготовлен в сосняке-беломошнике Клепиковского лесхоза, другой — в сосняке свежем Шелуховского лесхоза. Приживаемость сеянцев, отпад за 7-летний период, высота, прирост в высоту и диаметр у шейки корня у культур сосны из указанных семян варьируют очень незначительно (показатели существенности различий между признаками колеблются в пределах 0,5—2,0). Количество всходов из семян сосняка свежего было на 12% больше, чем из семян сосняка-беломошника, а в возрасте 7 лет на 4% меньше. Подобный пример незначительного влияния лесотипологического происхождения на сохранность и рост сосен мы наблюдаем также при сравнении географических культур из семян сосняка свежего Пригородного и сосняка лишайникового Бугульминского лесхозов Татарской АССР.

Исследования географических культур сосны, проведенные И. Н. Патлаем [7] на Украине, показывают определенную зависимость между продуктивностью материнских насаждений (их бонитетом) и объемным приростом сосны в культурах первого поколения.

В географических культурах на Европейском Севере такой зависимости нет: К примеру, культуры сосны из семян, собранных в сосняках свежих разной производительности (II—IV классов бонитета) Саратовской области, не имеют существенных различий ни по сохранности сеянцев, ни по их росту.

При дальних перебросках семян сосны на Север их лесотипологическое происхождение не оказывает существенного влияния на устойчивость сеянцев, их рост в высоту и по диаметру. В этом случае решающий фактор — географическое происхождение семян.

Изучением вопроса о влиянии возраста материнских насаждений на посевные качества семян и рост выращиваемых из них растений занимались: С. З. Курдиани [5]; С. А. Самофал [9]; А. П. Тольский [10] и др., но экспериментальные данные этих авторов часто носят противо-

Таблица 2

от возраста материнских насаждений  
происхождения

Класс сортности семян	Грунтовая всхожесть, %	Приживаемость семян в 1960 г., %	Отпад семян в 7-летнем возрасте, %	Высота, см	Диаметр у шейки корня, мм	Прирост в высоту в 1965 г., см
II	48	96	54,3	60,7	9,4	16,9
I	35	78	58,5	53,0	8,3	16,0
II	37	67	76,5	42,4	7,6	11,9
I	39	56	78,0	43,8	8,0	13,0
I	45	63	83,8	45,7	8,0	12,9
II	46	74	83,8	46,7	8,8	12,0
II	36	43	93,4	35,7	6,9	10,8
I	41	45	94,3	36,3	7,6	10,6
I	43	57	93,1	36,2	7,5	9,9
I	41	54	92,2	38,7	7,8	9,5
I	33	13	99,2	31,8	7,0	9,7
I	42	10	99,4	31,4	7,4	9,3
I	42	36	95,7	26,9	6,1	7,8
I	49	44	95,7	26,3	6,3	7,8

речивый характер. Попытку глубже изучить влияние возраста материнских насаждений на биологическую устойчивость, рост и развитие семян сосны обыкновенной разного географического происхождения сделал С. А. Ростовцев [8]. В частности, он отметил, что «потомство молодняков (I—II классов возраста) показывает более высокий выход семян с 1 пог. м, чем потомство приспевающих и спелых насаждений (IV—VI классов возраста)». Как в Пушкинском опытно-показательном механизированном лесхозе Московской области, так и в Пигаревском питомнике Вешенского механизированного лесхоза Ростовской области «эта закономерность сохраняется даже в тех случаях, когда техническая всхожесть семян молодняков ниже технической всхожести семян приспевающих и спелых насаждений».

С. А. Ростовцев [8] указывает также на лучший рост потомства молодняков по сравнению с потомством приспевающих и спелых насаждений. На основании этих исследований он, вслед за А. С. Яблоковым [11], рекомендует производству при необходимости перебросок семян из одного климатического района в другой использовать семена, заготовленные в молодых, впервые вступивших в плодоношение насаждениях.

В архангельских опытных географических культурах сосны 1959 г. были использованы семена, собранные в молодняках (17 образцов), средневозрастных (39), приспевающих (27) и спелых насаждениях (7). Грунтовая всхожесть семян из средневозрастных насаждений Рыбинского лесхоза (табл. 2) была выше всхожести семян из приспевающих насаждений Брейтовского лесхоза Ярославской области только на 2%; потомство из семян молодняков Ярославского лесхоза показало даже несколько меньший выход семян, чем потомство из семян приспевающих насаждений Судиславского лесхоза Костромской области. Грунтовая всхожесть семян из молодняков Сумского лесхоза была на 9% меньше, чем семян из средневозрастных насаждений Ахтырского лесхоза Сумской области. В возрасте 7 лет потомство молодняков имело одинаковое или несколько меньшее число здоровых семян, чем потомство приспевающих насаждений. Различия их по высоте, диаметру у шейки корня оказались несущественными ( $\nu = 0,4—1,9$ ).

Если учесть, что условия среды, в которых развивались семена сопоставляемых вариантов, были полностью идентичны и посевные качества семян различались несущественно (в пользу молодняков и сред-

невозрастных насаждений), то можно сделать вывод: в районах Европейского Севера потомство молодняков из более южных широт не имеет преимуществ в приспособлении к качественно новым условиям среды (определяющим биологическую устойчивость) и росте по сравнению с потомством приспевающих насаждений.

С продвижением вида с севера на юг увеличивается расхождение жизненных ритмов сосны разного географического происхождения с режимами климата в Архангельской области (начало и продолжительность вегетации, отношение к продолжительности светового дня). Если в районах с благоприятными климатическими условиями для произрастания сосны (Московская и Ростовская области) потомство молодняков разного географического происхождения [8] оказалось более пластичным, чем потомство приспевающих и спелых насаждений, то в суровых климатических условиях (Архангельская область) потомство разного географического происхождения как молодняков, так и приспевающих насаждений имеет одинаковую биологическую устойчивость.

В заключение необходимо отметить, что на успешность создания географических культур (приживаемость, сохранность, рост в высоту и по диаметру, прямоствольность и т. д.) из семян, заготовленных южнее места закладки (ст. Емца Архангельской области), решающее влияние оказали прежде всего климатические факторы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Вересин. Значение и использование лесотипологических форм древесных пород в лесной селекции. Научные записки Воронежского лесотехнического института, т. 18, Воронеж, 1960. [2]. В. В. Гурский, И. Н. Патлай. Сохранность, рост и продуктивность сосны в географических культурах Красно-Тростянецкой лесной опытной станции. Тезисы докладов расширенной сессии Ученого Совета УкрНИИЛХа по итогам научно-исследовательских работ за 1961 г., Харьков, 1962. [3]. О. Г. Каппер. Изучение экотипов древесных пород. Научные записки Воронежского лесохозяйственного института, т. 9, Воронеж, 1946. [4]. О. Г. Каппер. Современное состояние и очередные задачи лесосеменного дела. Научные записки Воронежского лесохозяйственного института, т. 12, Воронеж, 1953. [5]. С. З. Курдиани. Об организации селекции лесных растений в России. СПб., 1912. [6]. И. Н. Патлай. Влияние происхождения семян на рост и устойчивость сосны в географических культурах Красно-Тростянецкой лесной опытной станции. Сб. «Селекция, интродукция и семеноводство древесных лесных пород». Изд-во «Урожай», Киев, 1964. [7]. И. Н. Патлай. Влияние географического происхождения семян на рост и устойчивость сосны в культурах северной левобережной части УССР. Автореферат диссертации, Киев, 1965. [8]. С. А. Ростовцев. Биологическая устойчивость в географических посевах в зависимости от возраста материнских насаждений. Бюллетень научно-технической информации ВНИИЛМ, № 6, М., 1958. [9]. С. А. Самофал. Естественное возобновление и опытные культуры в борах Украины. Труды по лесному опытному делу Украины, Харьков, 1925. [10]. А. П. Толский. Основы лесокультурного дела. Ч. I, Лесосеменное дело, М.—Л., 1932. [11]. А. С. Яблоков. Лесное семеноводство и селекция. Журн. «Лес и степь» № 6, 1951.

Поступила в редакцию  
24 декабря 1966 г.

УДК 634.0.5

## ОБЪЕМНЫЕ СОРТИМЕНТНО-СОРТНЫЕ И ТОВАРНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СVERДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. ТЕТЕНЬКИН

(Ленинградская лесотехническая академия)

Настоящая работа выполнена в содружестве с научными сотрудниками Ульяновской и Свердловской экспедиций Всесоюзного объединения «Леспроект», проводившими исследования, связанные с обоснованием возрастов рубки в древостоях сосны, тяготеющих к железной дороге Ивдель — Обь в пределах Свердловской области.

Сосняки рассматриваемого района, занимающие 58% всей лесопокрытой площади, по существу, определяющие хозяйственную ценность лесного фонда, представлены преимущественно спелыми и перестойными древостоями различных условий местопроизрастания III—Vб классов бонитета; их средний бонитет IV, 3.

Для составления таблиц использованы материалы 241 пробной площади лесоразстройства 1955—1957 и 1964 гг., из которых 123 (2142 учетных и модельных дерева) заложены с целью изучения хода роста и товарной структуры и по тридцати четырем (878 учетных деревьев) произведено описание пороков древесины в соответствии с ГОСТом 9463—60 и 2140—61.

При анализе закономерностей строения исследуемых сосняков было установлено, что связь видовых высот с высотами как деревьев, так и древостоев всех условий местопроизрастания с большой точностью может быть передана одним параболическим или двумя прямолинейными уравнениями (отдельно для высот до 14 м и свыше 14 м), а соотношение высот и диаметров деревьев всех древостоев — уравнением

$$R_h = aR_d^3 - bR_d^2 + cR_d - e,$$

где  $R_h$  и  $R_d$  — редуцированные числа деревьев соответственно по высоте и диаметру;

$a, b, c, e$  — коэффициенты, являющиеся функциями среднего диаметра древостоя.

Указанные связи позволили математически обосновать местную шкалу высот и составить таблицу объемов по формуле  $V = ghf$  с точностью  $\pm 1,7$ —2,5%. Интервалы между разрядами в последних были приняты, исходя из 5-процентной точности определения по ним запасов.

Выход взаимозаменяемых сортиментов в сортиментно-сортных таблицах устанавливали в соответствии с методикой П. В. Горского [2] графическим выравниванием данных товарной таксации учетных деревьев, систематизированных по размерам высот и ступеням толщины. При раскрое стволов на сортименты за базисный размер была принята длина 5,5 м.

В зависимости от качества древесины все сортименты распределялись на четыре сорта, а по толщине — на классы, приведенные в справочнике таксатора [5].

Объемные и сортиментно-сортные таблицы составлены для древостоев IV—IX разрядов высоты, однако в настоящем сообщении представляется возможным привести лишь часть из них (табл. 1).

В основу товарных таблиц положены закономерности строения по толщине, выявление которых производилось для глазомерно выделяемых поколений, что соответствует принятому в нашей стране методу инвентаризации лесов.

Вероятные ряды распределения числа стволов по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра древостоев были протоваризированы по сортиментно-сортным таблицам; проценты выхода различных категорий древесины, скорректированные на 2,5—3% дровяных стволов древостоев I разряда товарности, внесены в таблицы, фрагмент которых приведен в табл. 2.

Составленные таблицы объемов и сортиментно-сортные были проверены по материалам таксации пробных площадей и, наряду с товарными, сопоставлены с действующими на производстве таблицами Н. П. Анучина [1] — табл. 3—5.

Таблица 3.

Ошибки	Величина ошибок определения общих запасов древостоев сосны, %, по разрядам высот древостоев						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	в целом
Систематическая	$\frac{+0,4}{-6,7}$	$\frac{+0,5}{-4,2}$	$\frac{+2,6}{+1,4}$	$\frac{-0,1}{+1,5}$	$\frac{+3,2}{+5,0}$	$\frac{+5,1}{+8,9}$	—
Случайная . . . .	$\frac{\pm 6,3}{\pm 5,9}$	$\frac{\pm 4,6}{\pm 4,4}$	$\frac{\pm 5,3}{\pm 7,4}$	$\frac{\pm 3,3}{\pm 8,1}$	$\frac{\pm 5,3}{\pm 9,0}$	$\frac{\pm 5,1}{\pm 9,4}$	$\frac{\pm 5,8}{\pm 8,9}$
Число наблюдений . . . . .	27	23	18	11	19	10	108

Примечание. В числителе — данные по местным таблицам объемов, в знаменателе — по таблицам объемов, предложенным Н. П. Анучиным.

Таблица 4

Категории деловой древесины	Средние проценты выхода деловой древесины по разрядам высот древостоев						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	в целом
Крупная	$\frac{20,2}{15,0}$	$\frac{13,8}{9,5}$	$\frac{5,5}{2,9}$	$\frac{2,0}{0,6}$	$\frac{2,4}{1,2}$	—	$\frac{8,9}{6,2}$
	$\frac{49,0}{49,5}$	$\frac{50,4}{51,8}$	$\frac{36,7}{38,6}$	$\frac{31,8}{30,3}$	$\frac{27,4}{25,0}$	$\frac{17,8}{13,3}$	$\frac{37,6}{38,0}$
Мелкая и бес- сортная	$\frac{15,8}{18,0}$	$\frac{21,0}{21,5}$	$\frac{42,1}{40,7}$	$\frac{48,2}{50,2}$	$\frac{45,0}{49,5}$	$\frac{59,8}{68,6}$	$\frac{35,4}{36,8}$
	$\frac{85,0}{82,5}$	$\frac{85,2}{82,8}$	$\frac{84,3}{82,2}$	$\frac{82,0}{81,1}$	$\frac{74,8}{75,7}$	$\frac{77,1}{81,9}$	$\frac{81,9}{81,0}$
Итого							
Число наблюдений	27	23	18	14	22	10	114

Примечание. В числителе — данные по местным сортиментным таблицам; в знаменателе — по сортиментным таблицам Н. П. Анучина.

Таблица 5

Категории деловой древесины	Выход деловой древесины, %, при средних диаметрах, см				
	20	22	24	26	28
Крупная	$\frac{3}{6}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{12}{18}$	$\frac{19}{27}$	$\frac{26}{34}$
Средняя	$\frac{49}{53}$	$\frac{54}{55}$	$\frac{54}{53}$	$\frac{52}{47}$	$\frac{48}{43}$
Итого	$\frac{52}{59}$	$\frac{60}{65}$	$\frac{66}{71}$	$\frac{71}{74}$	$\frac{74}{77}$

Примечание. В числителе — данные по местным товарным таблицам; в знаменателе — по товарным таблицам Н. П. Анучина.

Результаты проверки позволяют сделать следующие выводы.

1. Общие запасы древостоев всех разрядов высот с большей точностью устанавливаются по местным таблицам. Погрешности таблиц Н. П. Анучина зачастую выше допустимых и весьма существенны в древостоях высокой и низкой производительности.

2. В приложении к соснякам исследуемого района сортиментные таблицы Н. П. Анучина на 25—70% систематически занижают, а товарные в 1,3—1,5 раза завышают выход крупной древесины. Кроме того, эти таблицы не содержат данных о сортности сортиментов.

Все изложенное дает основание рекомендовать составленные нами таблицы для таксации сосняков рассматриваемого района.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Сортиментные и товарные таблицы. ГЛБИ, М., 1963.  
 [2]. П. В. Горский. Руководство для составления таблиц. ГЛБИ, М., 1962.  
 [3]. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1965.

Поступила в редакцию  
1 марта 1967 г.

УДК 634.0.443

## ЗАРАЖЕННОСТЬ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИМИ ГРИБАМИ

Н. М. ПАШКОВ

(Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства)

Автором в 1963—1964 гг. собраны массовые материалы о распространенности дереворазрушающих грибов в лиственничниках и о размерах наносимого ими вреда, представляющие определенный интерес для лесного хозяйства и лесной промышленности. Исследования проведены на 62 пробных площадях, заложенных в различных типах леса средней и северной частей Амурской области\*.

Из грибов, вызывающих образование гнилей у живых деревьев лиственницы, особенно часто встречаются: сосновая губка *Phellinus pini* (Fr.) Ril., корневая губка *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. и трутовик Швейница *Phaeolus Schweinitzii* (Fr.) Pat. Менее распространены: лиственничная губка *Fomitopsis officinalis* (Will.) Bond. et Sing., серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Fr.) Bond. et Sing., оленок осенний *Armillaria mellea* (Fr.) Karst.

На пожарных подсушинах у растущих лиственниц обычно развиваются гнили, вызываемые окаймленным трутовиком *Fomitopsis pinicola* (Fr.) Karst., значительно реже темно-фиолетовой кожистой губкой *Hirschioporus fusco-violaceus* (Ehr.) Donk. и розоватым трутовиком *Fomitopsis subrosea* (Weir.) Bond. et Sing.

По степени наносимого вреда одно из первых мест занимает сосновая губка. Ее плодовые тела чаще всего встречаются у основания сучьев. Но в обследованных древостоях они найдены и в нижних частях ствола на пожарных подсушинах или открытых проростях. Это говорит о том, что в первом случае заражение произошло через сучья, во втором — через повреждения стволов. По характеру расположения в стволе — гниль центральная, но иногда на поперечных сечениях она имеет форму полумесяца и пятен. Количество деревьев, пораженных сосновой губкой, в грушанковых лиственничниках небольшое и увеличивается с 2,5% в III классе до 5,0% в VIII классе возраста. Слабая распространенность губки в этих насаждениях объясняется меньшей их горимостью и хорошей очищаемостью деревьев от сучьев.

В древостоях, произрастающих в худших условиях, зараженность сосновой губкой значительно выше и связь ее с возрастом более тесная. Анализируя динамику распространения гриба с увеличением возраста данных насаждений, можно выделить два этапа. Для первого (древостой с III по VI класс возраста) характерна низкая зараженность (не выше 9,5%); для второго (VII—VIII классы возраста и выше) — резкое увеличение ее (например, до 57,2% в лиственничниках брусничниковых).

Гриб в большинстве случаев поражает наиболее ценную комлевую часть ствола, реже среднюю и вершинную, иногда распространяется также и в корни.

\* Автор участвовал в 1963—1964 гг. в работе Амурской лесной опытной станции по определению оптимальных возрастов рубок лиственницы в Амурской области. Исследования проводили методом пробных площадей. Заложены 62 пробные площадки (общим размером 28,06 га), на которых обследовано 12631, срублено и обмерено 1536 учетных деревьев лиственницы. Кроме того, сделан дифференцированный пересчет 1430 лиственничных пней на свежих вырубках.

Потери деловой древесины от сосновой губки тесно связаны с возрастом древостоев. Особенно велики они в насаждениях с VII—VIII класса, а в лиственничниках багульниковых с XII класса возраста процент потери деловой древесины уже равняется 53,7. При этом объем гнили, вычисленный по объемам геометрических фигур, в 1,5—2 раза меньше потери деловой древесины, которая при применяемых в области методах разделки круглого леса идет в отходы.

Сосновая губка, резко снижающая товарность древостоев, понижает также механическую устойчивость деревьев против ветра, что способствует массовому бурелому. Из общего количества деревьев, подвергшихся бурелому, 42% стволов оказались пораженными этим грибом.

По вредности корневая губка занимает второе место после сосновой. Заражение грибом происходит в местах соприкосновения или срастания больших корней со здоровыми и через места повреждения корневой системы огнем. Гриб вызывает внутреннюю напенную гниль, причем в конечном результате образуется одно дупло или несколько. Плодовых тел корневой губки мы не обнаружили.

Корневая губка встречается в древостоях всех типов леса и почти всех классов возраста. По степени зараженности грибом лиственничники можно разделить на две группы. Одну, менее зараженную, составляют грушанковые и брусничниковые и вторую, сильно зараженную, — багульниковые, лишайниковые и сфагновые. Количество деревьев, пораженных губкой, в насаждениях первой группы с возрастом увеличивается с 7,0 до 42,8%. В спелых и перестойных древостоях второй группы грибом поражено более половины стволов, и зараженность достигает в отдельных случаях 81%.

Протяженность гнили коррелятивно связана с ее диаметром на пне. Эта связь выражена коэффициентом корреляции  $r \pm m_r = 0,71 \pm \pm 0,025$  (при  $\frac{r}{m_r} = 28$ ).

Потеря деловой древесины от корневой губки достигает наибольшей величины в багульниковых, лишайниковых и сфагновых лиственничниках. Объем гнили в 3—6 раз меньше объема древесины, идущей в отходы.

У деревьев, пораженных корневой губкой, наблюдается ненормальная закомелистость. Коэффициент утолщения комля, вычисленный как отношение диаметра на высоте пня (0,1—0,2 м от шейки корня) к диаметру на высоте груди, у пораженных деревьев несколько больше, чем у здоровых (в пределах отдельных типов леса 1,36—1,43 против 1,34—1,40). Поэтому данный коэффициент в некоторой степени характеризует поврежденность деревьев этим грибом во всех типах леса, кроме грушанковых, где закомелистость больных и здоровых лиственниц одинакова.

Трутовик Швейница, как и корневая губка, распространен широко и является опаснейшим врагом лиственницы. Его плодовые тела обычно встречаются на корнях, реже на нижней части растущих деревьев.

Грибная инфекция чаще всего проникает через трещины и огневые раны в комлевой части ствола и корневых лапах. Гниль может занимать как центральное положение в стволе, так и эксцентричное, располагаясь отдельными пятнами и полосами.

Этот гриб не встречается в грушанковых насаждениях и молодняках остальных типов леса. Так, в лиственничниках брусничниковых и багульниковых он начинает поражать деревья в IV классе возраста, а в лишайниковых и сфагновых только в VI классе. В брусничниковых

и багульниковых древостоях ясно проявляется прямая зависимость зараженности от возраста, увеличиваясь от 3,6 в IV классе до 55,2% в X классе.

Протяженность гнили от трутовика Швейница коррелятивно связана с ее диаметром на пне, коэффициент корреляции  $r \pm m_r = 0,62 \pm 0,053$  (при  $\frac{r}{m_r} = 11$ ). Потеря деловой древесины от гриба с IV до IX класса возраста увеличивается от 0,2 до 4,0%, а в X классе она достигает 10,2%. Объем гнили, как и от корневой губки, в 3—6 раз меньше объема потери деловой древесины.

Коэффициент закомелистости деревьев, пораженных трутовиком Швейница, значительно выше, чем у здоровых стволов. И эта разница вполне достоверна ( $t = 4,1 > 3$ ). Сильная закомелистость деревьев является важным признаком наличия развития гнили.

Окаймленный трутовик известен как разрушитель мертвой древесины, но в лиственничниках Амурской области часто встречается и на живых деревьях. Гриб вызывает заболонно-ядровую гниль, которая по мере распространения вверх по стволу становится внутренней. Инфицирование происходит через раны от огня и реже от механических повреждений.

Этот гриб встречен нами в древостоях всех типов леса и почти всех классов возраста, кроме III. Меньше всего он распространен в грушанковых лиственничниках (2,5—5,0%). В лиственничниках брусничниковых число пораженных им деревьев в пределах IV—VIII классов возраста колеблется от 7,5 до 23,1%, а в багульниковых — от 19,0 до 28,0%. Это объясняется большей поврежденностью последних лесными пожарами.

С повышением возраста древостоев число стволов с гнилью не увеличивается, так как пораженные деревья в конце концов засыхают, а чаще всего ослабляются грибом и под влиянием ветра сламываются или вываливаются с частью корней. Новое же заражение деревьев в спелых и перестойных насаждениях происходит редко, потому что в этом возрасте деревья лиственницы имеют достаточно толстую кору, хорошо защищающую древесину от огня.

Средняя длина начальной стадии гнили составляет  $2,4 \pm 0,04$  м, конечной —  $2,2 \pm 0,04$  м. Протяжение пожарных подсушин примерно в два раза меньше — в среднем  $1,0 \pm 0,02$  м. Наличие плодовых тел, как правило, свидетельствует о распространении гнили до высоты 4—6 м.

Потеря деловой древесины колеблется от 1,2 до 8,5% запаса растущих деревьев. Объем гнили в 3—5 раз меньше потери древесины при разделке круглого леса.

---

Поступила в редакцию  
1 июня 1965 г.

УДК 634.0.2

## ВАЛОВАЯ И ТОВАРНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДУБОВЫХ И ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А. С. ЖМАКИН

(Воронежский лесотехнический институт)

Для сравнения продуктивности различных видов лесных насаждений в аналогичных условиях местопроизрастания важно знать их годовичную валовую и товарную продуктивность.

Нами была поставлена задача определить и сравнить ежегодную валовую и товарную продуктивность насаждений гнилоустойчивой формы осины, обычных осиновых, а также порослевых дубовых в типе леса свежая дубрава.

В состав валового древесного запаса входит объем древесины, находящейся на корню, взятой в порядке промежуточного пользования, и весь естественный отпад, не выбранный при рубках ухода.

Товарной древесной продукцией мы считаем годовичную лесосеку главного пользования, а также лесопroduкцию, заготавливаемую в порядке промежуточного пользования и предназначенную к реализации.

Расчет ежегодной валовой и товарной продукции мы производили на 100 га лесопокройной площади по следующим возрастным группам: I — 1—10 лет (осветления); II — 11—20 лет (прочистки); III — 21—30 лет (прореживания); IV — 31—40 лет для осины и 31—50 лет для дуба (проходные рубки); V — 41—50 лет для осины и 51—60 лет для дуба (санитарные рубки).

Запас насаждений в определенном периоде устанавливали на основе 42 пробных площадей, заложенных нами и лесоустройством в высокобонитетных осиновых и дубовых насаждениях типа леса свежая дубрава.

Запас сучьев этих насаждений вычисляли по проценту от наличного запаса: для осины — по таблицам хода роста, разработанным А. В. Тюриным [5], а для дубняков порослевого происхождения — по сбеговым таблицам Б. А. Шустова (1956 г.).

Возможность получения древесины от промежуточного пользования в каждом возрастном периоде различных насаждений определяли путем изучения фактической повторяемости этих рубок и древесной массы, в среднем выбираемой с 1 га за один прием в Обоянском и Львовском лесхозах Курской области за последние двадцать лет.

Для нахождения естественного отпада, не выбранного промежуточным пользованием, применяли таблицы хода роста: для обычной сосны — А. В. Тюрина [5], для гнилоустойчивой — В. Д. Арещенко [1] и для порослевого дуба — И. М. Науменко и Л. В. Бицина [3].

Чтобы сравнить годовичную товарную продукцию насаждений различных видов, физические кубометры переводили в условные [4].

Всю годовичную товарную продукцию лесохозяйственного производства рассматривали как результат деятельности комплексного хозяйства в лесах первой и второй групп [2].

Стоимостное выражение товарной продукции было рассчитано по прейскуранту № 07—02 отпускных цен на готовую лесопroduкцию франко-лесосека (изд. 1961 г.).

Для определения рентабельности проведения рубок ухода за лесом, санитарных и главных за полный оборот рубки была найдена себестоимость годичной заготовки лесопродукции по фабрично-заводскому методу, в которую, кроме прямых расходов, включены и косвенные. В условиях Обоянского лесхоза к этим расходам относятся: дополнительная зарплата (6%), отчисления на социальное страхование (6%), услуги вспомогательного и обслуживающего производства (7%), амортизация основных средств (16%), прочие производственные затраты (4%), цеховые и общезаводские расходы (22% от прямых производственных расходов).

Среднегодовые показатели валовой и товарной продуктивности определяли как общую сумму продуктивности насаждений всех возрастных групп до возраста главной рубки, деленную на полный оборот рубки. В условиях Обоянского и Львовского лесхозов оборот рубки в среднем составляет: для осинников 45 лет и для порослевых дубняков 55 лет.

Годовую валовую и товарную продуктивность древесины дубовых и осиновых насаждений находили для оптимальной полноты 0,8.

По изложенной методике был произведен расчет годовой валовой и товарной продуктивности различных насаждений по их возрастным группам и за полный оборот рубки (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что ежегодная валовая и товарная продуктивность осины гнилоустойчивой формы по всем возрастным группам и в целом за оборот рубки выше, чем в обычных осинниках и в порослевых дубняках (за исключением товарной продуктивности при санитарных рубках).

Незначительное количество товарной продукции, получаемой при санитарных рубках, объясняется тем, что выбираемые зараженные осины составляют небольшой процент.

Заготовка товарной древесной продукции при рубках ухода за лесом и при главной рубке в дубняках и осинниках всех возрастных групп (за исключением осветления, а также прочисток для порослевых дубняков) — мероприятие рентабельное.

Если среднегодовые показатели валовой и товарной продуктивности древесины за полный оборот рубки для гнилоустойчивой формы осины принять за 100%, то для обычных осинников (I класса бонитета) и для порослевых дубняков (II класса бонитета) они составят (табл. 2):

Таблица 2

Показатели продуктивности	Обычные осинники, %	Порослевые дубняки, %
Валовая . . . . .	58	49
Товарная в физических м <sup>3</sup> . . . . .	70	56
Товарная в условных м <sup>3</sup> . . . . .	52	77
Стоимость товарной продукции по отпускным ценам . . . . .	48	96

Табл. 2 показывает, что за полный оборот рубки среднегодовая валовая продуктивность обычных осинников и порослевых дубняков в среднем в два раза ниже, чем осинников гнилоустойчивой формы; товарная продукция в физических кубометрах меньше соответственно в 1,5 и 2,0 раза; в условных — в 2,0 и 1,5 раза.

Стоимость товарной продукции по отпускным ценам высокобонитетных порослевых дубняков и осины гнилоустойчивой формы почти одинакова.

Из табл. 2 видно, что даже высокобонитетные обычные осинники (I класса бонитета) невыгодны для лесовыращивания.

Таким образом, когда перед нами стоит задача получить наибольшее количество древесной массы для химической и целлюлозно-бумажной промышленности, безусловное преимущество следует отдавать насаждениям осины гнилоустойчивой формы. В этих случаях даже порослевые дубовые насаждения III—IV классов бонитета должны быть переведены в осинники гнилоустойчивой формы.

Площади, на которых могут произрастать насаждения дуба I и II классов бонитета (с целью получения высококачественной древесины для фанеры и других нужд), с равным экономическим эффектом могут быть заняты насаждениями осины гнилоустойчивой формы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Д. Арещенко. *Ход роста и товарность осинников БССР*. Автореферат, Минск, 1958. [2]. И. В. Воронин. *Организация комплексных хозяйств в лесах I и II групп*. Гослесбумиздат, М., 1962. [3]. И. М. Науменко, Л. В. Бицин. *Обоснование возрастов рубок для дубовых порослевых насаждений лесостепи СССР*. Научные записки Воронежского лесотехнического института, т. XVIII, Воронеж, 1960. [4]. Е. Я. Судачков. *Себестоимость древесной продукции лесохозяйственного производства. Очерки по экономике и организации производства лесных предприятий*. Красноярск, 1963. [5]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. *Лесная вспомогательная книжка*. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956.

---

Поступила в редакцию  
18 января 1967 г.

УДК 634.0.453

## ИВОВАЯ МОЛЬ (*Hyponomeuta rorella* Hb.) — ОПАСНЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ ПОЙМЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НИЖНЕГО ДНЕПРА

В. Е. ТЕРЕЩЕНКО

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Малоизвестный в энтомологической литературе вредитель — ивовая моль — появился за последние годы в больших количествах в насаждениях ивы ломкой (*Salix fragilis* L.) — основной лесообразующей породы в водоохранных лесах Нижнего Днепра.

Упоминание об ивовой моли как серьезном вредителе пойменных насаждений встречается лишь у некоторых авторов. Так, о массовом размножении моли в нижнеднепровских пойменных ивняках пишет Л. С. Бекосипов, наблюдавший здесь значительные очаги моли и непарного шелкопряда в 1954 г. [1]. Проф. Н. Л. Сахаров отмечает массовое размножение моли в насаждениях ивы в дельте Волги. Однако авторы не приводят данных о биологии вредителя и борьбе с ним.

Проведенным в 1966 г. лесопатологическим обследованием насаждений вдоль берегов Днепра и на островах дельты от г. Каховки до Днепровского лимана установлены очаги моли на площади 3500 га (Каховский и Херсонский лесхоззаги). В 1967 г. в этих очагах молью было уничтожено 70—80% листвы. Учитывая особо важное значение пойменных насаждений, которые, кроме водоохранного, имеют значение и как места отдыха трудящихся крупных населенных пунктов (Каховка, Херсон, Цюрупинск, Голая Пристань), мы изучали биологию вредителя с целью определения фаз его развития для проектирования истребительных мероприятий. Были испытаны также препараты ДДТ и хлорофоса против гусениц моли в различных концентрациях.

Ивовая моль (рис. 1) принадлежит к семейству горностаевых молей (*Hyponomeutidae*). Бабочки имеют размах крыльев 20—22 мм. Передние крылья узкие, на концах закругленные, атласно-белые. Вдоль крыльев по три более или менее правильных ряда черных точек. Задние крылья серые, короче передних, треугольной формы.

После выхода из куколок бабочки первое время неподвижно сидят на паутинных гнездах, затем постепенно перелетают в крону. Активны только ночью, днем сидят неподвижно.

После спаривания приступают к откладке яиц. Яйцекладки располагаются более или менее равномерно по всей кроне дерева на молодых побегах (как правило, у листовых рубцов) и содержат в среднем 40—60 яиц, которые сверху прикрыты выделениями половых желез и имеют вид сначала желтовато-белого, а затем серого щитка размером в среднем 2 × 4 мм.

Лёт бабочек начинается вечером, примерно после 16 час. При этом они вылетают из кроны и опускаются на травянистые растения. В это время бабочки очень подвижны: вспархивают, перелетают с растения на растение в поисках цветов, напоминая при этом пчел. Опустившись на цветок, бабочка опускает хоботок в чашечку цветка и слизывает нектар.

Наиболее часто питающиеся бабочки встречались на цветках мяты полевой (*Mentha arvensis* L.), которые, по-видимому, они предпочитают. Здесь же на травянистых растениях наблюдали спаривание бабочек.

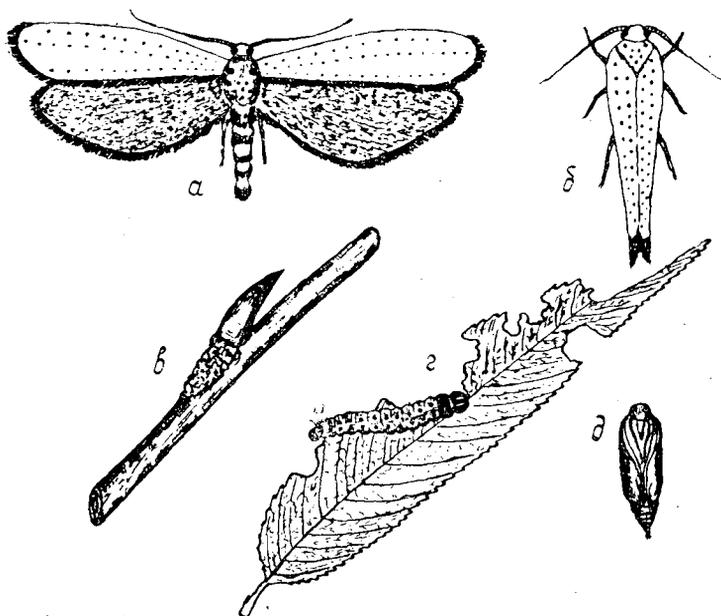


Рис. 1. Ивовая горностаевая моль  
(*Hyponomeuta rorella* Hb.).

а, б — бабочки (увеличение 3-кратное);  
в — яйцекладка; г — гусеница на поврежденном ею  
листе ивы ломкой; д — куколка.

Отрождение гусениц из яиц происходит осенью. Гусеницы зимуют под щитком. Весной, с наступлением среднесуточных температур  $+ 12^{\circ} \text{C}$ , они выходят из-под щитка и образуют так называемые «семейные» гнезда на ближайших распускающихся листьях и соцветиях, где питаются тканями соцветий и листьев, обволакивая места питания тонкой паутиной. Сначала гусеницы питаются паренхимой листьев, проникая под эпидермис и создавая своеобразные мины, затем объедают листовые пластинки полностью (за исключением центральной жилки). По мере развития побегов и объедания листьев в местах первичного обитания, гусеницы «семьями» переходят к вершинам побегов, где продолжают питаться молодыми листьями. На местах первичных повреждений остаются пустые паутинные гнезда.

Гусеницы питаются только в дневное время; ночью, а также при низких температурах и других неблагоприятных условиях они сворачиваются в клубок и находятся в неподвижном состоянии. Развиваются гусеницы в течение двух месяцев (вторая декада апреля — первая декада июня). За это время они достигают размеров 18—22 мм.

Тело взрослой гусеницы желтовато-зеленого цвета и состоит из 13 сегментов, на каждом из них по два бархатисто-черных пятна с волосками, образующих две продольные цепочки вдоль спины. Между пятнами темная продольная полоска. Первый сегмент (переднегрудь) сверху покрыт черным хитином, на тринадцатом также черная хитиновая пластинка. Грудных ног — 3 пары, покрытые черным хитином, брюшных ног — 5 пар.

Перед окукливанием гусеницы покидают семейные гнезда и передвигаются из периферии кроны в нижнюю часть ствола, где собираются в большие гнезда (до 6—7 тыс. шт.). Передвигаясь по стволу, они оставляют след в виде паутины, которая, наслаиваясь, образует

паутинный чехол на стволе. Наибольшие гнезда, как правило, наблюдаются в нижней части ствола. Гусеницы окукливаются в паутинных гнездах без кокона. Стадия куколки занимает около двух недель. Длина куколки 10—12 мм. Щит, прикрывающий голову и грудь, коричневый; сегменты брюшка беловато-зеленые. Кремастер черный с шестью щетинками, расположенными в виде кисточки.

Из паразитов ивовой моли в нижнеднепровских пойменных насаждениях наиболее распространен наездник *Ageniaspis fuscicollis* Dalm. из семейства *Encyrtidae*. Зараженные гусеницы полностью заканчивают свое развитие и собираются в гнезда, где, не окукливаясь, погибают. Тела гусениц мумифицируются, приобретая коричневый цвет. В каждой погибшей гусенице автор насчитывал от 80 до 100 куколок паразита. Взрослые насекомые вылетают одновременно с бабочками моли.

Массовый вылет бабочек в 1966 г. наблюдался в период 22—24 июня. Живут бабочки около двух месяцев.

Моль причиняет сильный вред также иве белой (*Salix alba* L.). Тополь черный и ясень зеленый, произрастающие в пойменных насаждениях, не повреждаются.

Действие ядохимикатов испытывали в 7-летних культурах ивы ломкой в период 29 мая—3 июня по гнездам гусениц, достигших последнего возраста и собравшихся для окукливания.

Гнезда обрабатывали с помощью ручных опрыскивателей (ОРП-В) 0,5%-ной и 1%-ной эмульсией ДДТ (по яду) из расчета 2 и 4 кг 50%-ной пасты ДДТ на 1 га, а также 0,2%-ным и 0,5%-ным растворами хлорофоса из расчета 1 и 1,5 кг препарата на 1 га.

Размеры пробных площадей в каждом варианте — 0,05 га. Результаты учитывали на 15 модельных деревьях по каждому варианту через день после обработки по весовому соотношению мертвых и живых гусениц. Суммарные данные учета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ядохимикаты	Концентрация, %	Общий вес обработанных гнезд, г	Вес погибших гусениц, г	Вес живых гусениц, г	Процент гибели гусениц
50%-ная паста ДДТ	0,5	2200	1650	550	75
	1	1770	1595	175	90
75%-ный хлорофос	0,2	2460	2040	420	83
	0,5	1555	1525	30	98

В борьбе против ивовой моли опытом установлена высокая эффективность испытываемых препаратов, особенно хлорофоса. Он к тому же наименее токсичен для рыб, что весьма важно при обработке пойменных лесов.

Определяя меры химической борьбы, необходимо учитывать, что гусеницы наиболее уязвимы в первый месяц развития, когда они находятся в периферической части кроны и паутинное гнездо менее плотно.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. С. Бекосипов. К изучению вредной энтомофауны лесных культур Нижнеднепровья. Украинская научно-исследовательская станция виноградарства и освоения песков. Научные труды, 6, 1956. [2]. Н. Л. Сахаров. Вредные насекомые Нижнего Поволжья. Саратовское областное изд-во ОГИЗ, 1947.

Поступила в редакцию  
10 марта 1967 г.

УДК 581.132.1

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ХВОЕ СОСНЫ И ЕЛИ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

А. Д. ТАРАБРИН

(Московский лесотехнический институт)

В настоящее время накопилась обширная литература по хлорофиллу. Важные исследования были выполнены главным образом за последние годы [1], [2], [4], [5], [7] — [16].

Однако изучение хлорофилла шло неравномерно. Прежде всего это касается сезонной динамики накопления хлорофилла в растениях у хвойных деревьев, хотя этот вопрос имеет большое теоретическое и практическое значение.

Наши исследования проводились в течение 1961—1962 гг. и 1962—1963 гг. Динамику содержания хлорофилла мы изучали на двухлетней хвое сосны и ели 13—15-летнего возраста. Пробы хвон брали два раза в месяц в одни и те же сроки в течение двух лет с одних и тех же ветвей из средней части кроны деревьев. Количество хлорсфилла определяли в спиртовой вытяжке на фотокалориметре ФЭК-М. Достаточная достоверность результатов достигалась получением весьма близких значений параллельных проб, по которым вычисляли среднюю величину для каждого срока наблюдения. При взятии образцов хвон измеряли температуру воздуха и отмечали фазу развития растений (цветение и др.).

Две кривые содержания хлорофилла в течение двух лет весьма близки между собою и выражают одну и ту же закономерность, поэтому мы приводим здесь лишь одну из них — кривую 1962—1963 гг. (рис. 1).

Какие же из внешних факторов прежде всего влияют на содержание хлорофилла в течение года? Трудно согласиться с тем, что тут играет роль только температура воздуха, как считают Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина и др. По нашим двухлетним наблюдениям, в период с 2.X по 13.XI происходит резкое падение содержания хлорофилла в хвое сосны и ели как в 1961 г., так и в 1962 г. Температура же воздуха в этот период в 1961 и 1962 гг. резко отличалась. Так, 30.X-61 г. она составила  $+13^{\circ}\text{C}$ , а в следующий срок наблюдения 13.XI упала до  $-13^{\circ}\text{C}$ . В 1962 г. в эти сроки перепад температур был гораздо более умеренным: с  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $-3^{\circ}\text{C}$ .

Если бы действительно только температура воздуха имела решающее значение, то вряд ли была бы возможной такая закономерность в падении содержания хлорофилла в 1961 и 1962 гг. при столь резком колебании температур воздуха.

П. А. Генкель и Е. И. Барская [3], изучавшие сезонные изменения хлоропластов ели, также отмечают, что первые изменения состояния пластидного аппарата начинаются в конце октября — начале ноября и что происходят они под влиянием совокупности факторов внешней среды (продолжительность дня, освещенность, температура и др.).

По-видимому, решающим условием изменения содержания пигментов в нашем случае явилась длина дня. Очевидно ко 2.X она достигает критической величины, при которой содержание хлорофилла уменьшается. Как считают Т. Н. Годнев и др., динамика хлорофилла и сопро-

вождающих его пигментов является выражением двух противоположных процессов: созидания и разрушения хлорофилла.

Л. А. Иванов [6] отмечал, что зимой падает не только ассимиляция, но и ассимиляционная способность, в связи с инактивированием хлоропластов. К этому можно добавить, что зимой происходит и общее падение содержания хлорофилла. Более того, кривые динамики содержания хлорофилла в хвое в осенне-зимний период и ассимиляции хвои в это же время весьма близки.

Возьмем для сравнения содержание хлорофилла в хвое сосны по нашим данным (рис. 2, а) и ход газообмена хвои сосны [6] — рис. 2, б.

Как видно из рисунка, между приводимыми кривыми действительно много общего. Обе кривые начинаются с нисходящих ветвей. В нашем опыте это соответствует падению содержания хлорофилла в хвое, у Л. А. Иванова — уменьшению ее ассимиляции. Достигнув определенного минимума, ассимиляция хвои и содержание хлорофилла долгое время остаются приблизительно на этом уровне или очень медленно повышаются. Правда, в кривой ассимиляции в этот период есть один резкий провал, когда ее величина была даже отрицательной (выделение  $CO_2$ ). Затем обе кривые резко поднимаются. К сожалению, 29.IV кривая ассимиляции обрывается, и дальнейшее сравнение невозможно.

Как видим, изучение динамики содержания хлорофилла в хвое в течение года у главнейших хвойных пород и зависимость этого процесса от внешних факторов, так же как и исследование фотосинтеза, заслуживают самого пристального внимания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. С. Вакула. Сезонная динамика накопления хлорофилла в листьях некоторых декоративных форм древесных растений. Бюллетень Главного ботанического сада, вып. 46, 1962. [2]. В. И. Гапоненко. О возможности расчета интенсивности фотосинтеза по содержанию хлорофилла. Доклады АН БССР, т. 5, № 7, 1961. [3]. П. А. Генкель, Е. И. Барская. О сезонных изменениях хлоропластов ели. «Физиология растений», т. 7, вып. 6, 1960. [4]. Т. Н. Годнев, Н. С. Судник. О накоплении пигментов в листьях однолетних сеянцев черешни в зависимости от светового режима. «Физиология растений», т. 2, вып. 4, 1955. [5]. Т. Н. Годнев, М. В. Терентьева. Динамика накопления хлорофилла у некоторых оранжевых растений. Сб. научных трудов АН БССР (Институт биологии), вып. 2, 1951. [6]. Л. А. Иванов, И. М. Орлова. К вопросу о зимнем фотосинтезе наших хвойных. Журн. Русского Ботанического общества, т. 16, 1931. [7]. С. А. Мамеев. Сезонная и возрастная динамика содержания хлорофилла А и В в хвое сосны. Сб. «Физиология и экология растений». Материалы уральского совещания, Свердловск, 1965. [8]. Н. Д. Нестерович, Г. И. Маргайлик. Динамика накопления хлорофилла в хвое сосны и ели в зависимости от возраста деревьев и условий произрастания. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1962. [9]. Л. Ф. Правдин, К. Г. Щербина. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного географического происхождения. Труды Института леса и древесины Сибирского отделения АН СССР, т. 5, 1961. [10]. Д. Ф. Проценко, М. К. Полищук. О физиологических и биохимических особенностях морозостойчивости плодовых культур. Киев, 1948. [11]. Н. С. Судник. Динамика накопления пигментов в листьях плодоносящих черешен при различной густоте посадки деревьев. Сб. «Вопросы физиологии растений и микробиологии». Белорусский университет, 1959. [12]. М. Г. Тавадзе. Динамика накопления пигментов в листьях виноградных лоз по фазам годового развития. Доклады АН СССР, т. 85, № 6, 1952. [13]. Е. С. Черненко. Содержание хлорофилла у ранних сортов яблони и капусты по сравнению с позднеспелыми. Доклады АН СССР, т. 73, № 2, 1950. [14]. А. М. Шутьев. Опыт определения количества хлорофилла в листьях климатипов дуба черешчатого. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1964. [15]. N. T. Delano, J. Dick. Determination de la chlorophyll dans les geuillos des Salix fragilis et de Populus alba. Bull. soc. Chim. Biol., v. 16, Bloch, b. 268, 317, b. 290, 1934. [16]. R. Wilstätter, A. Stoll. Untersuchungen über das Chlorophyll. Berlin, 1913.

УДК 634.0.5

## СБЕГ И ОБЪЕМ СУЧЬЕВ СОСНЫ РАЙОНА ВОСТОЧНОГО САЯНА

*В. М. ВОРОБЬЕВА*

(Сибирский технологический институт)

До последнего времени таксацию сучьев проводили очень редко и способы ее не были разработаны. В то же время сучья являются основными отходами при заготовке леса и по объему составляют значительную часть дерева.

Наибольший удельный вес в общем объеме заготовок древесины в лесах Сибири занимает сосна. Вопрос о таксации сосновых сучьев в настоящее время приобретает большое значение в связи с использованием их путем химической переработки.

Изучение формы и объема сучьев сосны было проведено на четырех пробных площадях в типе леса сосняк брусничный, III класса бонитета. Три пробные площади были заложены в насаждениях состава 9С1Б, среднего возраста 71 год, полноты 0,62 и одна — в молодняке 10С, ед. Б и Л, среднего возраста 22 года и полноты 0,7.

На каждой пробной площадке брали модели сосны, у которых измеряли сучья разных размеров и порядков. В средневозрастных насаждениях было срублено 79 модельных деревьев и обмерено 8839 сучьев, из которых 311 — разной толщины у основания сучка — исследовано по методике В. К. Захарова; в молодняках соответственно 91 модельное дерево и 176 сучьев.

Данные обмеров обработаны способами математической статистики (табл. 1). Показатель точности во всех случаях высок. Коэффициент варьирования относительных диаметров сучьев сосны колеблется в весьма широких пределах. Различие относительного сбег между средневозрастными насаждениями и молодняками оказалось несущественным.

Это позволило сделать вывод о том, что сучья сосны имеют довольно близкий сбеги как в средневозрастных, так и в молодых сосняках. Для дальнейших расчетов были приняты средние значения относительного сбег по относительным высотам для сучьев сосны независимо от возраста. На рис. 1 показан для сравнения относительный сбеги сучьев и стволов сосны.

Сравнение показывает, что образующая сучьев более плавная и правильная, чем образующая стволов. Изменение диаметра на всем протяжении сучка более равномерно, и нет резко выраженной закомелистости, наблюдающейся в нижней части стволов сосны.

Образующая сучьев не соответствует параболической кривой, а на отрезке от основания сучка до  $0,9 L$  близка к прямой.

Часть сучка, имеющая наиболее правильную форму, составляет основную часть его объема. Распределение объема сучка для сосны по отдельным секциям приведено в табл. 2. Для сравнения здесь же показаны объемы отдельных секций в % от объема ствола по нашим данным. Проценты объемов секций для сучьев очень близки к средним данным распределения объемов древесных стволов по секциям в  $0,1 H$ .

С увеличением диаметра сучьев у основания их длина изменяется не так закономерно, как у стволов, и для отдельных деревьев выражается кривыми разного вида и даже прямой линией, отчего составление

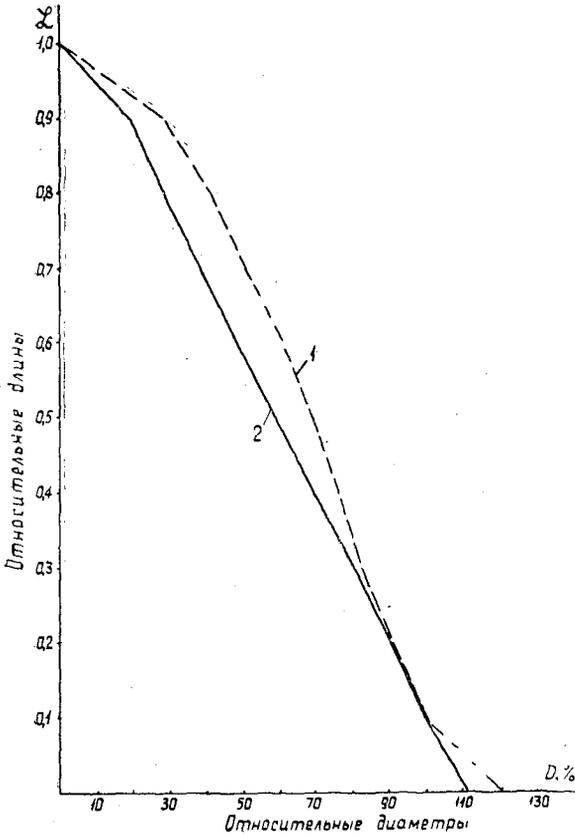


Рис. 1.  
1 — ствол; 2 — сучок.

Таблица 1

Относительные длины	Относительный сбер $M$ , % от диаметра сучка на 0,1 $H$	Ошибка средней $m$	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$	Коэффициент варьирования $W$	Показатель точности $P$	Коэффициент существенности различия между средневозрастными и молодыми насаждениями $t$
0,0	$\frac{109,9}{112,5}$	$\frac{0,682}{1,035}$	$\frac{7,36}{9,05}$	$\frac{6,69}{8,03}$	$\frac{0,60}{0,92}$	2,1
0,1	$\frac{100,0}{100,0}$	—	—	—	—	—
0,2	$\frac{91,8}{89,0}$	$\frac{0,64}{0,952}$	$\frac{7,28}{8,31}$	$\frac{7,89}{9,34}$	$\frac{0,69}{1,07}$	2,4
0,3	$\frac{82,4}{79,2}$	$\frac{1,03}{0,99}$	$\frac{11,25}{8,66}$	$\frac{13,50}{10,90}$	$\frac{1,23}{1,25}$	2,2
0,4	$\frac{72,3}{66,5}$	$\frac{1,25}{1,12}$	$\frac{13,54}{9,71}$	$\frac{18,33}{14,60}$	$\frac{1,59}{1,67}$	3,4
0,5	$\frac{61,9}{56,0}$	$\frac{1,20}{1,36}$	$\frac{13,41}{11,85}$	$\frac{21,15}{21,20}$	$\frac{1,90}{2,42}$	3,2
0,6	$\frac{50,7}{46,1}$	$\frac{1,17}{1,42}$	$\frac{13,08}{12,40}$	$\frac{25,10}{26,80}$	$\frac{2,25}{3,06}$	2,6
0,7	$\frac{41,1}{37,0}$	$\frac{1,18}{1,41}$	$\frac{12,06}{12,40}$	$\frac{28,50}{33,40}$	$\frac{2,55}{3,81}$	2,3

Продолжение табл. 1

Относительные длины	Относительный сбег $M$ , % от диаметра сучка на 0,1 $H$	Ошибка средней $m$	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$	Коэффициент варьирования $W$	Показатель точности $P$	Коэффициент существенности различия между средневозрастными и молодыми насаждениями $t$
0,8	$\frac{30,1}{27,0}$	$\frac{0,98}{1,12}$	$\frac{10,51}{9,87}$	$\frac{33,90}{36,60}$	$\frac{3,12}{4,15}$	2,1
0,9	$\frac{20,1}{19,5}$	$\frac{0,78}{0,88}$	$\frac{8,63}{7,70}$	$\frac{42,20}{39,50}$	$\frac{3,83}{4,58}$	0,5

Примечание. В числителе — данные для средневозрастных насаждений; в знаменателе — для молодняков.

Таблица 2

Номера секций от комля до вершины	Относительные длины	Объемы секций, % от общего объема сучка в коре	То же нарастающим итогом от комля к вершине	Средние объемы отдельных секций, % от объема ствола в коре
I	0,10	20,5	20,5	23,8
II	0,20	18,2	38,7	17,7
III	0,30	15,8	54,5	14,3
IV	0,40	13,5	68,0	12,3
V	0,50	10,8	78,8	10,3
VI	0,60	8,3	87,1	8,3
VII	0,70	6,0	93,1	6,1
VIII	0,80	3,9	97,0	4,2
IX	0,90	2,1	99,1	2,3
X	1,00	0,9	100,0	0,7

таблиц объема сучьев по разрядам длин было бы неправильным. Поэтому таблицы объема сучьев сосны составлены по типу баварских и им подобных, то есть по диаметру у основания сучка  $D_0$  и его длине  $L$  для средней формы. Для принятых в таблице соотношений диаметров и длин по относительному сбегу, на относительных длинах были вычислены действительные диаметры и затем объемы сучьев по сложной формуле среднего сечения. Полученные объемы графически выравнены и сведены в табл. 3.

Таблица 4

$D_0$ , см	$L$ , м	Объем, $дм^3$		Процент коры
		в коре	без коры	
0,4	0,60	0,0023	0,0008	65,0
0,6	0,75	0,0076	0,0038	50,0
0,8	0,90	0,016	0,009	43,8
1,0	1,10	0,029	0,019	34,5
1,2	1,25	0,051	0,036	29,4
1,4	1,40	0,075	0,056	25,2
1,6	1,55	0,110	0,086	21,9
1,8	1,70	0,155	0,125	19,2
2,0	1,80	0,203	0,167	17,7
2,2	1,95	0,265	0,225	15,1
2,4	2,10	0,341	0,293	14,0
2,6	2,25	0,422	0,365	13,5
2,8	2,40	0,525	0,458	12,8
3,0	2,55	0,645	0,570	11,6

Продолжение табл. 4

$D_0$ , см	$L$ , м	Объем, $дм^3$		Процент коры
		в коре	без коры	
3,5	2,90	0,997	0,893	10,4
4,0	3,25	1,45	1,32	9,0
4,5	3,50	1,99	1,82	8,5
5,0	3,80	2,68	2,47	7,8
5,5	4,05	3,51	3,26	7,2
6,0	4,30	4,36	4,06	6,9
6,5	4,50	5,31	4,99	6,0
7,0	4,70	6,48	6,12	5,5
7,5	4,80	7,56	7,23	4,4
8,0	5,0	8,96	8,58	4,2
8,5	5,10	10,31	9,89	4,0
9,0	5,20	11,79	11,34	3,8
9,5	5,30	13,31	12,87	3,3
10,0	5,35	15,00	14,52	3,2
10,5	5,40	16,66	16,14	3,1
11,0	5,45	18,54	17,98	3,0
12,0	5,55	22,38	21,73	2,9

Для массовой таксации сучьев по диаметру у основания и средней длине составлена специальная таблица, в которой приведены объемы сучьев в коре и без коры, а также процент коры (табл. 4).

Для проверки точности определения объема сучьев по табл. 3 (по  $D_0$  и  $L$ ) на двух модельных деревьях был найден объем 213 сучьев по сложной формуле среднего сечения; погрешность составила  $-4,7\%$ .

Таблицы объемов сучьев по диаметру у основания и средней длине проверяли путем измерения диаметров у основания и длины всех сучьев 42 деревьев. Объем сучьев определяли по табл. 3 и 4; погрешность  $+3,4\%$ .

Для отдельных стволов погрешность в определении объема сучьев колебалась от  $-17,5$  до  $+27,0\%$ , в среднем она составила  $7,9\%$ .

Основные статистические показатели среднего процента погрешности были следующие:  $\sigma = \pm 1,69$ ;  $m = \pm 0,26$ ,  $P = 3,15\%$  и  $W = 21,4\%$ .

Результаты проверки показали, что составленные таблицы в отдельных случаях могут давать значительные погрешности, но при массовой таксации обеспечивают точность в пределах требований, предъявляемых при таксации растущих деревьев.

Поступила в редакцию  
12 февраля 1966 г.

УДК 625.2

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОВ  
И СТОЕК ЛЕСОВОЗНЫХ ВАГОНОВ*Б. Г. ГАСТЕВ, Н. А. ГАЙДАР*

(Львовский лесотехнический институт)

Автоматизация и комплексная механизация производственных процессов лесозаготовок обуславливает необходимость вывозки древесины в виде хлыстов или деревьев с кронами.

Для хлыстовой вывозки леса необходимо создание новых и реконструкция существующих типов лесовозного подвижного состава. Одновременно должен решаться вопрос об улучшении эксплуатационных качеств лесовозных вагонов с целью повышения производительности лесотранспорта и обеспечения безопасности движения поездов.

Устойчивое положение штучных лесных грузов на подвижном составе при переходных режимах движения поезда, а также прочность и надежность стоек вагона в значительной степени должно определяться величиной распорных давлений пакета круглого леса [2].

Отсутствие конкретных данных о величине распорных давлений затрудняет рациональное конструирование нового и совершенствование существующего лесовозного подвижного состава. В связи с этим потребовалось выполнение теоретических и экспериментальных исследований некоторых вопросов взаимодействия грузов и стоек специальных вагонов узкой колеи, предназначенных для вывозки круглого леса.

В производственных условиях были выполнены замеры общей величины распорных давлений и установлена закономерность их изменения по высоте пакета.

В качестве измерительной аппаратуры использовали 24-канальную тензометрическую установку ОТ-24-51 и динамометры типа ДР. Закономерность изменения распорных давлений по высоте пакета установлена с помощью специально изготовленной семимесдозной стойки. Промежуточными чувствительными элементами при этом служили месдозы в виде колец, выполненных из осевой стали. Такие кольца с наклеенными на них четырехплечными измерительными мостами размещались посередине между двумя металлическими рейками. При этом внутренняя рейка, расположенная со стороны пакета, состояла из шести равных отрезков, шарнирно соединенных между собой. Через них распорные усилия передавались на чувствительные элементы — месдозы, основанием которых служила наружная нарезная рейка.

Под воздействием усилий распора пакета кольца подвергались деформации сжатия. Проволочные датчики сопротивления улавливали происходящие в них линейные изменения, которые преобразовывались в электрические величины и регистрировались на осциллографной ленте.

В результате обработки осциллограмм по точкам средних значений величины распора для каждой месдозы построена эпюра давлений пакета на одну вагонную стойку.

На основе анализа полученных экспериментальных данных установлено, что изменение величины распорных давлений по высоте стойки характеризуется параболической зависимостью с некоторым искажением на участке самого нижнего ряда бревен. Подобная закономерность подтверждается исследованиями, выполненными с вагонами широкой колеи [1].

В верхней части пакета распорные давления равны нулю и увеличиваются вниз по стойке пропорционально квадрату расстояния.

Эпюра распорного давления пакета круглого леса на стойке (с одной стороны) выражается кривой

$$r = Kx^2 \text{ кг/см}, \quad (1)$$

где  $r$  — распорное давление,  $\text{кг}$  на  $1 \text{ см}$  высоты стойки;

$K$  — коэффициент интенсивности распора (для различных параметров пакета устанавливается экспериментальным путем),  $\text{кг/см}^3$ ;

$x$  — расстояние от верха пакета до горизонтального сечения, в котором определяется величина распорного давления,  $\text{см}$ .

Для построения эпюр распорных давлений применительно к различным параметрам пакетов, имеющим место в практике эксплуатации узкоколейных лесовозных вагонов, необходимо располагать численными значениями коэффициентов интенсивности распора  $K$ .

Аналитическую зависимость для определения величины  $K$  можно получить из уравнения (1).

Суммарное давление пакета бревен или хлыстов на стойки, ограждающие его с одной стороны,

$$Q = K \int_0^H x^2 dx \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $H$  — полная высота пакета,  $\text{см}$ .

В результате интегрирования и преобразований выражения (2) получим

$$K = \frac{3Q}{H^3} \text{ кг/см}^3. \quad (3)$$

Конкретные значения величины общего распорного давления  $Q$  при соответствующей высоте  $H$  пакета и длине его  $l$  можно сравнительно просто установить экспериментальным путем с помощью динамометров.

С этой целью была разработана методика, а также изготовлены специальные приспособления, позволившие выполнить необходимый комплекс экспериментальных исследований в производственных условиях.

Замеры проводили на двух тележках сцепа РТ-2, выполнявших роль стэнда с меняющимися параметрами по высоте и длине пакета. Круглый лес в пакетах располагался вразнокомелицу.

Процесс измерений состоял в том, что стяжками натягивали до 5—10  $\text{кг}$  сначала верхний динамометр, а затем нижний. После этого открывали стоечный замок и выбивали палец, шарнирно соединяющий стойку с коником. В результате все давление, создаваемое одним концом пачки с одной стороны, воспринималось стойкой и передавалось на динамометры. Суммарное показание двух динамометров составляло общее распорное давление на одну стойку.

В таком же порядке замеряли давления на вторую стойку, а затем суммированием получали давление пакета на обе стойки вагона с одной стороны.

Вес погруженной на стэнд древесины устанавливали отдельно по каждой из опор с помощью двух 10-тонных динамометров.

Располагая данными о величине распорных давлений пакета на одну сторону, по приведенной зависимости (3) можно установить численные значения коэффициентов интенсивности распора.

Характеристика пакетов неокоренной древесины, подобранных для определения общей величины распорных давлений, и результаты замеров приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ стенов	Средние значения параметров загружавшихся пакетов					Результаты замеров	
	длина пакета, м	ширина пакета, м	высота пакета, см	вес пакета, Т	диаметр бревен пакета, см	общее давление на одну сторону вагона, кг	коэффициент интенсивности распора $K$ , кг/см <sup>3</sup>
1	6,5	2,0	150	8,65	15—35	1060	0,00094
2	9,5	2,0	150	12,50	15—40	1560	0,00138
3	16	2,0	105	15,55	20—40	800	0,00207

Примечание. Параметры грузов подобраны применительно к техническим характеристикам существующих типов лесовозных вагонов: стэнд № 1 — платформы «Лессудмашстроя»; стэнд № 2 — сцепы Т-55 при сомкнутых внутри-комплексных упругих приборах; стэнд № 3 — тележки-сцепы РТ-2.

Эпюры распорных давлений по высоте пакетов с различными параметрами, рассчитанные по результатам выполненных исследований, показаны на рис. 1.

На основе анализа выполненных исследований можно установить, что основными факторами, определяющими величину давлений пакета круглого леса, являются его длина и высота. В меньшей степени они зависят от формы и состояния поверхности бревен, соотношения их диаметров и др. Поэтому с достаточной для практических целей точностью величину распорных давлений на единицу высоты стойки и полную нагрузку на стойки можно определить по уравнениям (1) и (2) с помощью коэффициентов интенсивности распора, установленных экспериментальным путем.

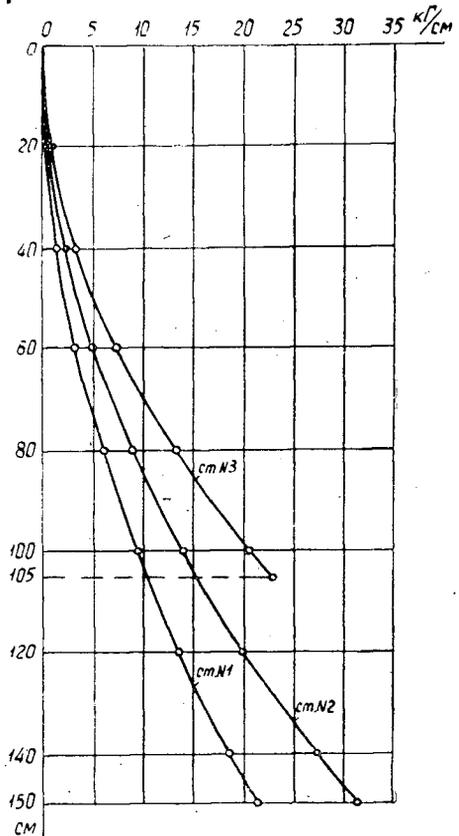


Рис. 1.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. К. Богданов. Рациональное использование грузоподъемности платформ при перевозке круглого леса. Диссертация, 1946. [2]. Н. А. Гайдар. Определение условий стабильности положения грузов при соударении лесовозных вагонов. Сборник работ аспирантов, вып. 1, Львов, 1962.

Поступила в редакцию  
21 марта 1964 г.

УДК 531 : 634.0.377.44

## КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМЫ НА РУБКАХ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. Ф. БАРАННИКОВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

При создании лесного легкого колесного трактора представилось необходимым исследовать коэффициент сопротивления движению трелевочной системы  $\psi_c$  в условиях, наиболее характерных для проходных рубок в лесах таежной зоны.

Обычно  $\psi_c$  принято определять без учета нормальной составляющей от силы, действующей в тяговом тросе,

$$\psi_c = \frac{P_k}{G_c} = \frac{P_k}{G_T + G_X}, \quad (1)$$

где  $P_k$  — касательная сила тяги;  
 $G_c$  — вес системы;  
 $G_T, G_X$  — вес трактора и хлыстов.

При этом  $P_k$  определяется по формуле

$$P_k = (G_T + G_{XT}) \psi_T + G_{XB} \cdot \psi_X, \quad (2)$$

где  $G_T, \psi_T$  — вес и коэффициент сопротивления движению трактора;  
 $G_{XB}, \psi_X$  — вес волочащейся части хлыстов и коэффициент сопротивления их движению по грунту;  
 $G_{XT}$  — вес части хлыстов, приходящейся на трактор.

С учетом силы тяги трелевочного троса, направленной под углом к основанию,  $\psi_c$  определяется отношением касательной силы  $P_k$ , вызывающей движение, к сумме нормальных составляющих сил системы (рис. 1), действующих на поверхность пути,

$$\psi_c = \frac{P_k}{G_T \cos \alpha + Q_{XH} + G_{XT} \cos \alpha + G_{XB} \cdot \cos \alpha}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — угол наклона поверхности пути к горизонту;  
 $Q_{XH}$  — нормальная составляющая тягового усилия в трелевочном тросе от сопротивления движению волочащейся части хлыстов.

Определяя  $Q_{XH}$  через составляющую тягового усилия в тросе  $Q_{XT}$ , параллельную поверхности пути, и подставляя значение  $Q_{XT}$ , выраженное сопротивлением движению волочащейся части веса пачки хлыстов, получим

$$Q_{XT} = G_{XB} (\cos \alpha \psi_X + \sin \alpha);$$

$$Q_{XH} = Q_{XT} \cdot \operatorname{tg} \beta = G_{XB} (\psi_X \cos \alpha + \sin \alpha) \operatorname{tg} \beta,$$

где  $\beta$  — угол наклона трелевочного троса к поверхности пути.

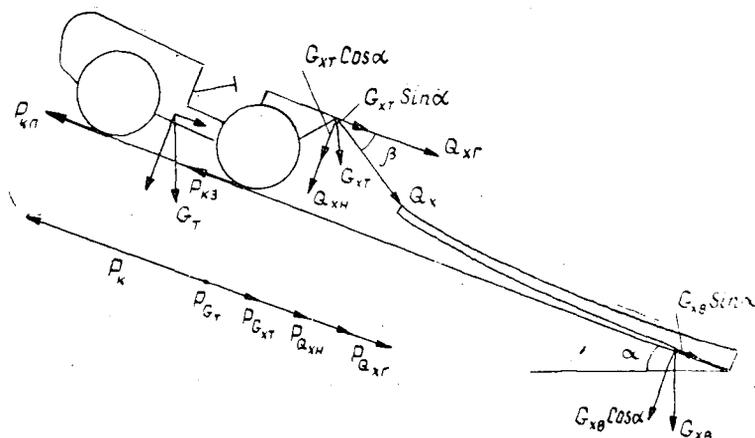


Рис. 1.

Если в уравнение (3) подставить значение  $Q_{XH}$ , то можно записать

$$\psi_c = \frac{P_K}{\cos \alpha \{G_T + G_X [k (\psi_X + \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \beta + 1]\}}, \quad (4)$$

где  $k$  — число, показывающее, какая часть веса пачки хлыстов трелеуется волоком,  $k = \frac{G_{XB}}{G_X}$ .

Введя коэффициент  $m = \frac{G_X}{G_T}$ , показывающий, какую часть от веса трактора составляет вес хлыстов, выразив вес хлыстов через вес трактора и коэффициент, получим

$$\psi_c = \frac{P_K}{G_T \cos \alpha \{1 + m [k (\psi_X + \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \beta + 1]\}}. \quad (5)$$

Для преобразования числителя формулы (5) составим уравнение проекций всех сил системы на ось, параллельную поверхности пути,

$$P_K = P_{G_T} + P_{G_{XT}} + P_{Q_{XH}} + P_{Q_{XT}}, \quad (6)$$

- где  $P_{G_T}$  — сила сопротивления движению от веса трактора;  
 $P_{G_{XT}}$  — сила сопротивления движению от веса части хлыстов, приходящейся на трактор;  
 $P_{Q_{XH}}$  — сила сопротивления движению от нормальной составляющей тягового усилия в трелевочном тросе;  
 $P_{Q_{XT}}$  — сила сопротивления движению от составляющей тягового усилия в тросе, параллельной поверхности пути\*.

Определив значения сил сопротивления движению, входящих в уравнение тягового баланса, подставляем эти значения в формулу (6), заменив при этом  $G_{XT}$  на  $G_X (1 - k)$ , а  $G_X$  на  $G_T \cdot m$ . Получаем следующее выражение для определения касательной силы:

$$P_K = G_T \{ \psi_T \cos \alpha + \sin \alpha + m [k (\psi_X \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \psi_T - \cos \alpha \psi_T + \cos \alpha \psi_X) + \cos \alpha \psi_T + \sin \alpha] \}.$$

При небольших значениях  $\alpha$  можно принять  $\sin \alpha = i$ , где  $i$  — руководящий уклон. После подстановки значения  $P_K$  в формулу (5), в ре-

\* Тяговое усилие в трелевочном тросе от веса части хлыстов, приходящейся на трактор, и от сопротивления движению волокающейся части хлыстов рассматривается отдельно.

зультате замены  $\sin \alpha$  на  $i$  и преобразования, коэффициент сопротивления движению трелевочной системы с достаточной точностью может быть выражен уравнением

$$\psi_c = \frac{\psi_T \cos \alpha + i + m [k (\psi_x \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \psi_T + \cos \alpha \psi_x) + \cos \alpha \psi_T + i]}{\cos \alpha \{1 + m [k (\psi_x + \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \beta + 1]\}} \quad (7)$$

При движении системы по горизонтальному участку пути  $\alpha = 0$ ,  $\cos \alpha = 1$ ,  $i = 0$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = 0$ , и в этом случае формула приобретает вид

$$\psi_c = \frac{\psi_T \left\{ 1 + m \left[ \psi_x \operatorname{tg} \beta k + 1 + k \left( \frac{\psi_x}{\psi_T} - 1 \right) \right] \right\}}{1 + m (\psi_x \operatorname{tg} \beta k + 1)} \quad (8)$$

Для упрощения выражения (8) обозначим

$$\psi_x \operatorname{tg} \beta k + 1 = A \quad \text{и} \quad \frac{\psi_x}{\psi_T} - 1 = B.$$

Подставляя эти обозначения в формулу (8), получим

$$\psi_c = \frac{\psi_T [1 + m(A + kB)]}{1 + mA} \quad (9)$$

Если хлысты полностью волочатся, то  $G_{xb} = G_x$ ,  $\beta = 0$ ,  $\operatorname{tg} \beta = 0$ ,  $k = 1$ ,  $A = 1$  и коэффициент  $\psi_c$  может определяться по формуле

$$\psi_c = \frac{\psi_T + m\psi_x}{1 + m} \quad (10)$$

С целью экспериментального определения сопротивления волочащихся хлыстов и трелевочной системы в целом движению трактора с колесной формулой  $4 \times 4$  в условиях, наиболее характерных для работы на рубках промежуточного пользования, проведены тяговые испытания прототипа ЛЛКТ\* с разной нагрузкой.

Эксперименты проведены по следующей методике. На ровной лесной площади с одинаковым микрорельефом и покровом в лесу прокладывали прямолинейные мерные участки длиной 200 м. Трактор (прототип ЛЛКТ), оборудованный аппаратурой и взвешенный на автомобильных весах с точностью до 2 кг, проходил по этим участкам последовательно: на холостом ходу и с грузом древесины 706, 960, 1310, 1680 и 2000 кг. Величина нагрузки определялась количеством хлыстов, трелеваемых в неподвешенном состоянии. Вес каждого хлыста был предварительно установлен с помощью динамометра ДПУ-05 (ГОСТ 9409—60) с точностью до 5 кг. При взвешивании хлысты поднимали тракторной лебедкой. Измерения и регистрацию крутящих моментов двигателя и переднего моста, тягового усилия в трелевочном тросе, времени опыта и числа оборотов двигателя и привода колес производили специальным осциллографом с интегрирующим счетным устройством, изготовленным для данных испытаний по схеме, разработанной К. В. Васильевым.

Эта аппаратура обеспечила замер параметров с достаточной точностью: наибольшая погрешность измерений не превышала 4,5%. Включение интегрирующих двигателей в схему счетного устройства дало возможность получить средние для мерных участков величины исследуемых параметров по цифровым показателям счетчиков непосредственно после каждого опыта без обычной трудоемкой обработки осциллограмм. Достоверность каждого опыта контролировалась сравнением цифровых показателей с полученными при повторных заездах.

Обработка осциллограмм с применением метода статистических исчислений позволила проверить средние значения параметров, полученные по счетчикам, а также определить максимальные значения сил сопротивления для анализа коэффициента динамичности, необходимого при обосновании мощности двигателя ЛЛКТ.

Результаты обработки осциллограмм и записей счетчиков позволили установить зависимость коэффициента сопротивления движению трелевочной системы от ее веса  $\psi_c = f(G_c)$ , объема древесины трелеуе-

\* ЛЛКТ — лесной легкий колесный трактор.

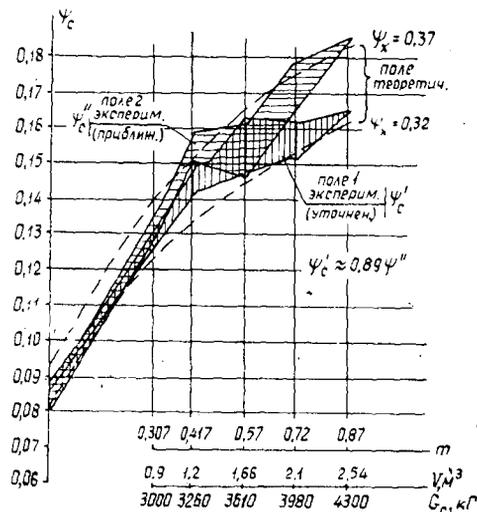


Рис. 2.

мых хлыстов  $\psi_c = f(\psi_x)$ , отношения веса хлыстов к весу трактора  $\psi_c = f(m)$ .

На рис. 2 и 3 эта зависимость показана полями 1 и 2, которые наглядно характеризуют колебание коэффициента  $\psi_c$  при повторных заездах с одинаковой нагрузкой вследствие изменения микрорельефа и перераспределения нагрузки по ведущим осям трактора.

Поле 1 дает зависимость  $\psi_c = f(G_c)$  с учетом нормальной составляющей тягового усилия в трелевочном тросе, так как оно получено по точкам, положение которых в отношении осей определялось подстановкой экспериментальных данных в формулу

$$\psi'_c = \frac{M_d \cdot i \cdot \eta_T}{r_k (G_T + G_x + Q_{хн})}, \quad (11)$$

где  $M_d$  — момент на первичном валу коробки перемены передач;  
 $i$  — передаточное число трансмиссии;  
 $\eta_T$  — механический к.п.д. трансмиссии;  
 $r_k$  — динамический радиус колеса.

Величина  $Q_{хн}$  определялась по формуле

$$Q_{хн} = G_{хв} \psi_x \operatorname{tg} \beta.$$

Положение поля 2 определялось по формуле

$$\psi''_c = \frac{M_d \cdot i \cdot \eta_T}{r_k (G_T + G_x)}. \quad (12)$$

Теоретическое поле построено с использованием формулы (8), в которую подставляли значения  $\psi_T, \psi_x, \beta, k, m$ , полученные экспериментально (для верхней границы — средние из максимальных для данных условий значения  $\psi_T, \psi_x$ , а для нижней — средние из минимальных). Для получения этих значений были использованы средние величины, полученные на мерных участках, при этом  $\psi_T$  и  $\psi_x$  определяли по формулам

$$\psi_T = \frac{M_d \cdot i \cdot \eta_T}{r_k G_T},$$

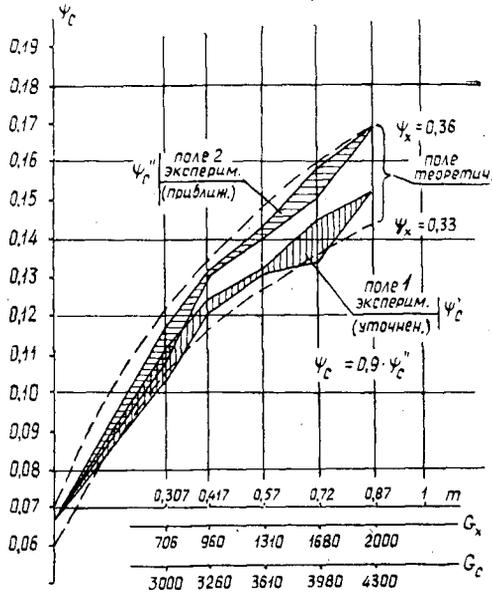


Рис. 3.

где  $M_d$  — момент на первичном валу коробки перемены передач при движении без груза;

$$\psi_x = \frac{Q_x \cdot \cos \beta}{G_{xв}},$$

а при волочении на длинном тросе, когда  $\beta \approx 0$  и  $k = 1$ ,

$$\psi_x = \frac{Q_x}{G_x}.$$

Для замера  $\beta$  был разработан реохордный датчик к электроизмерительной аппаратуре, при трелевке замеряли также длину тягового звена и высоту подъема его конца, соединенного с хлыстами.

При испытаниях получены исходные данные для определения зависимостей на семи участках в летний период и на трех — в зимний. Покров, микрорельеф и грунтовые условия участков были различными. На рис. 2 показаны зависимости, характеризующие изменение параметров при трелевке хлыстов в полуподвешенном состоянии за вершины по волоку, покрытому сучьями (2-й участок); на рис. 3 — по лесной просеке с выраженным микрорельефом, покрытым густым травяным покровом (1-й участок).

Значения показателей зависимости поля 1, приведенные на рис. 2 и 3, так же как для остальных участков, меньше соответствующих значений поля 2 в среднем на 11%. В то же время поля 1 и 2 почти полностью охватываются теоретическим, а следовательно, с достаточной точностью отражаются уравнением (8), если принять соответствие показателей верхней половины теоретического поля показателям поля 2, и нижней — показателям поля 1.

В результате экспериментально-теоретических исследований\* можно рекомендовать следующее:

\* Научный руководитель доктор технических наук, проф. С. Ф. Орлов.

а) коэффициент сопротивления движению трелевочной системы для условий, наиболее распространенных на рубках промежуточного пользования, определять по формуле (8);

б) при создании ЛЛКТ учитывать пределы изменения коэффициентов сопротивления движению трактора и хлыстов\*, приведенные в табл. 1;

Таблица 1

Условия трелевки	Пределы изменения коэффициентов сопротивления движению	
	колесного трактора 4×4	хлыстов вершинами вперед
Летние		
Просека с выраженным микрорельефом, покрытым густым травяным покровом	0,086 — 0,095	0,318 — 0,369
Волок покрыт сучьями . . . . .	0,080 — 0,088	0,320 — 0,376
Дорога гравийно-песчаная, ровная, укатанная	0,042 — 0,050	0,370 — 0,415
Дорога лесная, ровная, с редким травяным покровом	0,064 — 0,071	0,294 — 0,366
Зимние		
Снежный волок после восьмого прохода системы	0,076 — 0,080	0,110 — 0,181
Снежный волок, покрытый сучьями	0,087 — 0,096	0,109 — 0,198
Снежная дорога, ровная, укатанная	0,058 — 0,068	0,061 — 0,172

в) при эксплуатации колесных тракторов в зимний период целесообразно применять прямую вывозку хлыстов в полуподвешенном или полупогруженном состоянии за вершины по ровным снежным укатанным дорогам, учитывая, что коэффициент сопротивления движению трелевочной системы при этом, в зависимости от состояния дороги и вида хлыстов\*, колеблется в пределах  $\psi_c = (0,066 \div 0,153)$ .

\* Поверхность хлыстов хорошо обработана трением о грунт.

Поступила в редакцию  
10 ноября 1966 г.

УДК 634.0.377.44

## ВЫБОР ТИПА КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСОК ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Ю. Л. КОВАЛЕВ

(Уральский лесотехнический институт)

Успешная эксплуатация трелевочных тракторов на волоках и лесосеках, имеющих большое количество вертикальных препятствий, возможна только при совершенной конструкции подвески. В последнее время вопросы улучшения подвесок приобрели еще большее значение, так как скорости движения и мощности двигателей трелевочных тракторов значительно увеличились.

Нами было установлено, что при движении трелевочного трактора через вертикальные препятствия на катки действуют динамические нагрузки, максимальные значения которых могут быть определены по уравнениям

$$Q_{1max} = \frac{v_T l_6}{l_6 \operatorname{tg} \psi_0 - b \operatorname{tg} \alpha_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_1}}; \quad (1)$$

$$Q_{2max} = \frac{v_T l_6}{l_6 \operatorname{tg} \psi_0 - a \operatorname{tg} \alpha_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_2}}; \quad (2)$$

$$Q_{3max} = \frac{v_T}{\operatorname{tg} \psi_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_3}}; \quad (3)$$

$$Q_{4max} = \frac{v_T}{\operatorname{tg} \psi_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_4}}; \quad (4)$$

$$Q_{5max} = \frac{v_T}{\operatorname{tg} \psi_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_5}}; \quad (5)$$

где  $v_T$  — скорость движения трактора, м/сек;

$c_n$  — жесткость препятствия, кг/м;

$m_{k_i}$  — масса катка и сопряженных с ним деталей, кг сек<sup>2</sup> м<sup>-1</sup>;

$a, b, l_6$  — размеры балансиров и их плеч, м.

В этих уравнениях тригонометрические функции равны

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{h_d}{\sqrt{l_p^2 - h_d^2}}; \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \psi_0 = \frac{r_0 - h_n}{\sqrt{2r_0 h_n - h_n^2}}; \quad (7)$$

где  $h_d$  — расстояние между горизонтальными осями катков и горизонтальными осями опор рамы, м;

$r_0$  — радиус опорного катка, м;

$h_n$  — высота преодолеваемого препятствия, м.

Уравнения (1) — (7) показывают, что ударные нагрузки, действующие на катки при движении трактора через препятствия, зависят от

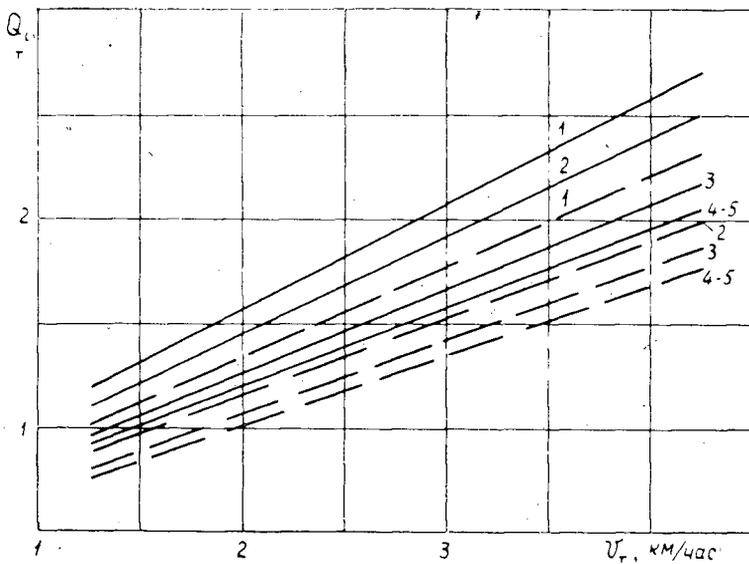


Рис. 1.

скорости движения, конструктивных параметров кареток подвески, а также от жесткости препятствий. Следовательно, они могут быть снижены путем выбора оптимальных конструктивных параметров кареток подвески ( $a, b, l_6, \alpha_0, h_d, l_p, r_0, m_{k1}$ ) и замены «жестких» катков более «мягкими». Например, на рис. 1 показано изменение нагрузок на катки при  $r_0 = 0,325$  м (сплошные линии 1—5) и при  $r_0 = 0,40$  м (пунктирные линии 1—5). Из графиков видно, что увеличение диаметра опорных катков с целью уменьшения ударных нагрузок на них желательно. При выборе конструктивных параметров кареток подвески следует учитывать их взаимосвязь. Например, увеличение диаметра опорных катков приведет к возрастанию длины  $l_6$  балансира  $O_1O_2$ . Поэтому изменение тех или иных параметров можно производить только тогда, когда выявлено их совместное влияние на работу подвески трактора.

В настоящее время на трелевочных тракторах устанавливают металлические катки, обладающие большой жесткостью  $c_k$  (практически  $c_k \approx \infty$ ). Если они будут иметь упругий элемент (наружный бандаж или внутренний амортизатор), то при определении динамических нагрузок в уравнения (1)—(5) вместо жесткости препятствия  $c_n$  необходимо подставлять приведенную жесткость системы каток — препятствие  $c_c$

$$c_c = \frac{c_n \cdot c_k}{c_n + c_k} \quad (8)$$

Ударные нагрузки при установке мягких катков будут значительно ниже, так как в этом случае соблюдается неравенство  $c_c \ll c_n$ . На рис. 2 в качестве примера приведены графики изменения ударных нагрузок, действующих на катки трактора ТДТ-60, в зависимости от скорости движения трактора  $v_T$ . Нагрузки определены по уравнениям (1)—(5) для случаев  $c_k \approx \infty$  (стальной литой каток) и  $c_k = 1,1 \cdot 10^5$  кг/м (каток с резиновым бандажом). Жесткость препятствия, имеющего высоту  $h_n = 0,05$  м, равна  $c_n \approx 8 \cdot 10^5$  кг/м. Из графиков

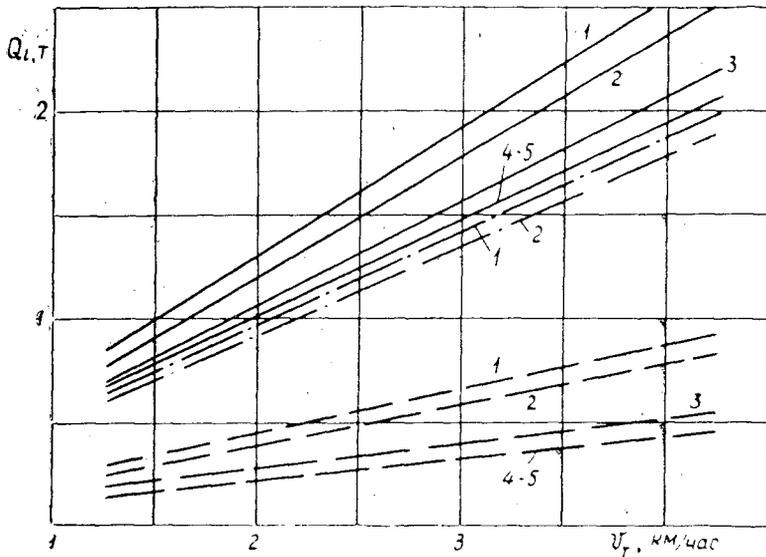


Рис. 2.

видно, что ударные нагрузки, действующие на мягкие катки (пунктирные линии 1—5), значительно ниже, чем действующие на жесткие катки (сплошные линии 1—5) и с увеличением скорости первые растут менее интенсивно. На основании этого можно сделать вывод о целесообразности замены опорных металлических катков трелевочных тракторов менее жесткими.

Анализ кинематики передней каретки трактора ТДТ-60 позволил заметить, что конструкция этой каретки обладает существенным недостатком: при наезде на препятствие скорость катков  $v_k$  увеличивается и значительно превосходит скорость движения трактора  $v_T$ . В результате этого динамические нагрузки на катки, детали каретки и раму увеличиваются.

Увеличение скорости катков при движении их через препятствие происходит потому, что рычаг  $AD$  (рис. 3), поворачиваясь вокруг точки  $D$ , сообщает балансиру  $O_1O_2$ , а следовательно, и каткам дополнительную скорость. При расположении рычага  $AD$  по ходу движения (рис. 4) скорость катков будет уменьшаться, то есть в этом случае  $v_k < v_T$ . Динамические нагрузки, действующие на катки каретки с рычагом по ходу движения, могут быть определены по уравнениям

$$Q'_{1max} = \frac{v_T l_6}{l_6 \operatorname{tg} \psi_0 + b \operatorname{tg} \alpha_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_1}}; \quad (9)$$

$$Q'_{2max} = \frac{v_T l_6}{l_6 \operatorname{tg} \psi_0 + a \operatorname{tg} \alpha_0} \sqrt{\frac{1}{2} c_n m_{k_2}}. \quad (10)$$

Сравнивая выражения (9) и (10) с уравнениями (1) и (2), можно сделать вывод, что расположение рычага по ходу движения позволяет снизить динамические нагрузки на детали подвески. Это также видно из графиков, показанных на рис. 2, где ударные нагрузки на катки каретки с рычагом по ходу движения изображены штрих-пунктирными линиями 1—2.

Рассмотрим динамику сравниваемых кареток. При наезде на препятствие первого катка каретки, когда рычаг  $AD$  расположен против

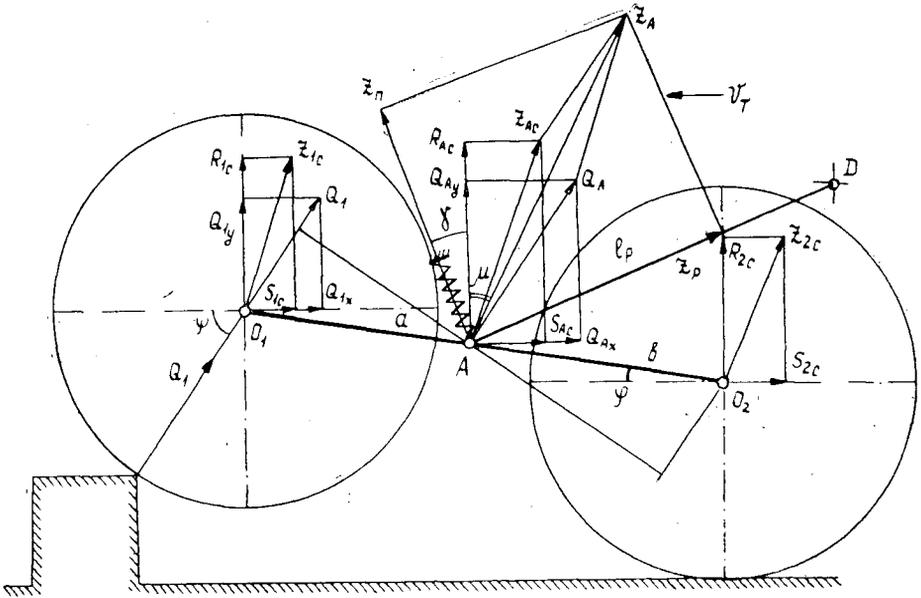


Рис. 3. Динамика передней каретки трактора ТДТ-60.

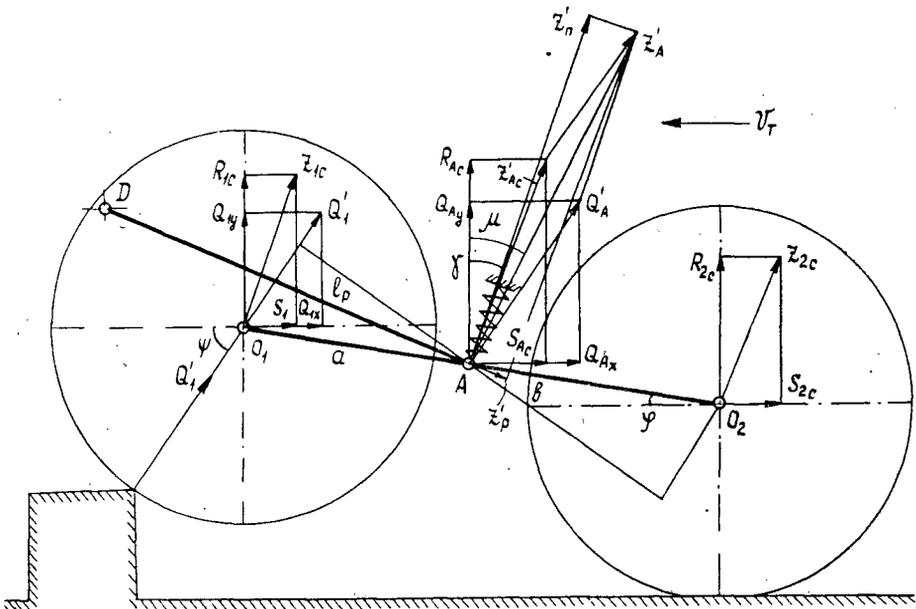


Рис. 4. Динамика каретки с рычагом по ходу движения.

хода движения, на него, кроме статической нагрузки  $Z_{1c}$ , будет действовать дополнительная динамическая сила  $Q_1$ . В этом случае на точку  $A$ , на которую через пружину опирается рама, будут влиять силы  $Z_{Ac}$  и  $Q_A$ , результирующая которых  $Z_A$  равна их векторной сумме

$$\bar{Z}_A = \bar{Z}_{Ac} + \bar{Q}_A, \quad (11)$$

где

$$Q_A = Q_1 \frac{l_6}{a}. \quad (12)$$

Из схемы видно, что упругим элементом будет восприниматься сила  $Z_n$ , равная

$$Z_n = Z_A \cos(\gamma + \mu). \quad (13)$$

Вдоль рычага  $AD$  в этом случае действует сила  $Z_p$ , которая передается раме трактора. При наезде на препятствие катка каретки с рычагом по ходу движения (рис. 4) будут действовать силы  $Z'_0$ ,  $Q'_1$ ,  $Z'_{Ac}$ ,  $Z'_A$  и  $Q'_A$ , но значительно меньшей величины, так как ударная нагрузка  $Q'_1$  будет ниже.

Сила, воспринимаемая пружиной каретки,

$$Z'_n = Z'_A \cos(\mu - \gamma). \quad (14)$$

Вдоль рычага  $AD$  в этом случае действует сила  $Z'_p$ .

Из уравнений (13) и (14) видно, что  $Z_n < Z'_n$ . Это свидетельствует о том, что во втором случае рессорой будет восприниматься большая нагрузка. Следовательно, при этом будет поглощаться наибольшая часть динамических сил.

Из рис. 3 и 4 видно, что  $Z'_p \ll Z_p$ . Следовательно, во втором случае на раму, минуя рессору, передается меньшая часть динамических нагрузок. Поэтому рама при второй конструкции каретки будет испытывать меньшие толчки и удары.

Один из основных недостатков задней каретки подвески трактора ТДТ-60 — отсутствие между рамой и кареткой упругого элемента — рессоры. В результате этого раме передаются все толчки и удары, испытываемые подвеской при движении трактора через препятствие. При наличии упругого элемента величина динамических нагрузок, передаваемых раме, значительно уменьшается. Степень их снижения характеризуется коэффициентом  $\nu$

$$\nu = \frac{1}{e^n}. \quad (15)$$

Коэффициент  $n$

$$n = \frac{\frac{\rho l c_p i s}{g E} + m_{ca}}{m_{ki}}, \quad (16)$$

где  $\rho$  — плотность материала рессоры;

$l$  — длина рессоры;

$c_p$  — жесткость рессоры;

$i$  — количество рабочих витков;

$s$  — шаг рессоры;

$m_{ca}$  — масса деталей, сопряженных с рессорой.

Наибольшее снижение динамических нагрузок наблюдается при меньших значениях коэффициента  $\nu$ . Уравнения (15) и (16) позволяют выбрать наиболее оптимальные размеры и характеристики винтовых рессор; основными из которых являются  $l$ ,  $c_p$ ,  $i$  и  $s$ .

УДК 621.86.01

## О МЕСТНЫХ САМОУРАВНОВЕШЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКЕ

**В. В. ЩЕЛКУНОВ, Л. П. БИРИЧЕВСКИЙ**

(Архангельский лесотехнический институт)

Элементарная теория сопротивления материалов позволяет рассчитывать напряжения только в сечениях, достаточно удаленных от места приложения внешней сосредоточенной нагрузки и опорных реакций. Точный расчет напряжений, возникающих в зоне действия внешней нагрузки и вблизи опор, можно сделать, исходя из теории упругости. В простейших случаях нагрузок и для поперечных сечений балок теория упругости позволяет оценивать местные самоуравновешенные напряжения: когда балка прямоугольного сечения загружена равномерно распределенной нагрузкой, когда на нее воздействует сосредоточенная сила [5]; кроме того, известен оптический метод [4] и др.

В последнее время интересную работу проделал В. Шлее [6]. Им решена задача о плоском напряженном состоянии бесконечно длинной полосы прямоугольного сечения, нагруженной периодической нагрузкой. Получены таблицы для самоуравновешенных по сечению полосы нормальных и касательных напряжений, представляющих собой поправку к напряжениям, даваемым элементарной теорией изгиба балок. В последующем В. Шлее излагает применение предлагаемого метода расчета для ряда конкретных случаев. Особенно большое значение самоуравновешенные напряжения приобретают при действии на балку подвижной нагрузки. В этом случае они возникают во всех сечениях балки по мере передвижения внешней силы. Самоуравновешенные напряжения существенно зависят также от формы поперечного сечения балки.

В одной из наших работ [1] было изучено напряженное состояние узкоколейного рельса в зоне действия сосредоточенной нагрузки. Оказалось, что местные продольные нормальные напряжения, возникающие на верхней грани головки рельса Р24, в условиях опыта на 33% больше основных сжимающих. Это весьма существенная добавка, если учесть, что головка рельса вообще является самой напряженной его частью. В то же время на нижней грани подошвы рельса продольные нормальные самоуравновешенные напряжения в сечении, где приложена нагрузка, в условиях опыта меньше основных растягивающих примерно на 10%. Последнее обстоятельство следует иметь в виду при экспериментальных исследованиях, поскольку напряженное состояние рельса в настоящее время принято оценивать по кромочным напряжениям в подошве рельса в зоне действия нагрузки.

При выполнении настоящего исследования была поставлена задача выяснить величину местных самоуравновешенных напряжений для двутавровой балки разных форм поперечного сечения (отношения толщины полки к толщине стенки).

В качестве экспериментального был выбран прямоугольный брус сечением  $10 \times 5$  см, длиной 110 см. Для получения нужного сечения брус последовательно острагивали до двутаврового сечения с толщиной полки и стенки 1 см. Испытанные сечения показаны на рис. 1. Балка размещалась на двух упругооседающих опорах с пролетом 88 см, так как при жестких опорах неизбежны дополнительные напряжения, вызванные кручением балки. Внешнюю нагрузку 3000 кг прикладывали в середине пролета по оси симметрии сечения; изгибающий момент  $M = 66000$  кг·см. Для определения напряжений использовали датчики ФКПА базой 10 мм, сопротивлением 100 ом. В качестве измерительного прибора применяли чувствительный гальванометр.

Напряжения измеряли только на кромках полок, где при действии сосредоточенной силы, приложенной на оси симметрии сечения, напряженное состояние линейно. С целью контроля датчики наклеивали

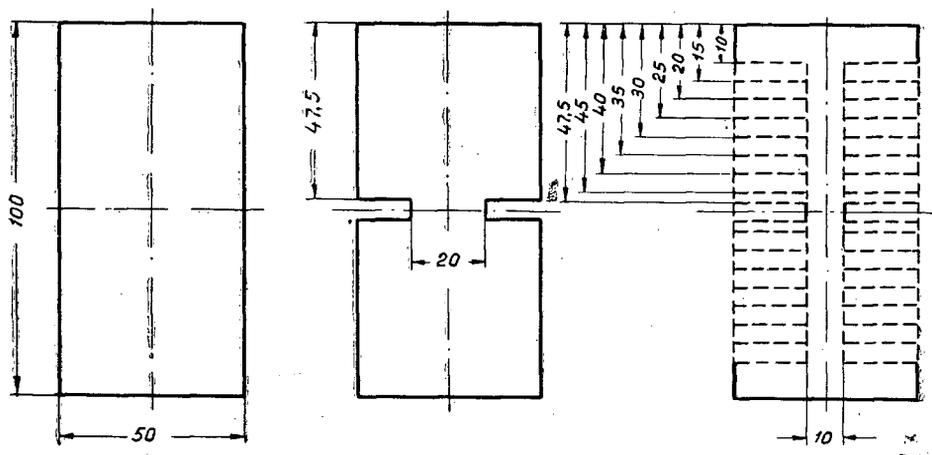


Рис. 1.

в двух поперечных сечениях, расположенных на расстоянии 21 см друг от друга. Для измерения напряжений в том или ином сечении брус передвигали на опорах.

Тарировали датчики непосредственно на опытной балке прямоугольного сечения. Испытываемое сечение располагали в четверти пролета на расстоянии по 22 см от нагрузки и опоры. Изгибающий момент в этом сечении известен, а самоуравновешенные напряжения практически равны нулю. По данным В. Шлее, в сечении, расположенном на расстоянии  $\frac{22}{10} = 2,2$  высоты балки, нормальные продольные самоуравновешенные напряжения составляют 0,2% от самоуравновешенных напряжений в месте непосредственного приложения внешней нагрузки. Чувствительность датчиков составила в среднем 6 мкГ/см<sup>2</sup> на деление гальванометра при напряжении в мостовой схеме 2 в. В тех опытах, когда суммарные напряжения достигали больших размеров, напряжение в мостовой схеме снижалось до 1,5 и 1 в. Специальными опытами была установлена прямая пропорциональная зависимость между чувствительностью датчиков и напряжением в схеме. Каждый опыт повторяли 3—4 раза, поэтому приводимые значения напряжений являются средними из 12—16 замеров. В большинстве случаев отдельные замеры цикла не отличались друг от друга более чем на одно деление гальванометра.

Самоуравновешенные напряжения находили как разность между измеренными и рассчитанными по элементарной теории изгиба балок.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2 в виде графиков зависимости продольных нормальных самоуравновешенных напряжений от толщины полки. Кривая 1 показывает самоуравновешенные напряжения, возникающие в кромках сжатой полки, на которую непосредственно воздействует нагрузка. Они имеют тот же знак минус, что и основные, рассчитанные методами сопротивления материалов. Кривая 2 дает самоуравновешенные напряжения в кромках растянутой полки.

Сечение с полкой толщиной 5 см на рис. 2 соответствует прямоугольной балке. Для полки толщиной 4,75 см сделано два измерения: для толщины стенки 2 и 1 см. Для всех других размеров полок стенка имела толщину 1 см.

В прежней нашей работе [4] были измерены самоуравновешенные напряжения в кромках головки рельса Р24, высота которой 3 см при

толщине шейки 1 см. Полученная величина напряжений отмечена затухающим кружком на рис. 2.

Результаты эксперимента показывают, что в сжатой полке двутавровой балки возникают значительные дополнительные продольные нормальные напряжения, суммирующиеся с основными напряжениями от изгиба. При постоянной толщине стенки они прежде всего зависят от толщины полки. В табл. 1 приведены, для условий опыта, данные о доле продольных нормальных самоуравновешенных напряжений в верхней грани сжатой полки по отношению к рассчитываемым методами сопротивления материалов.

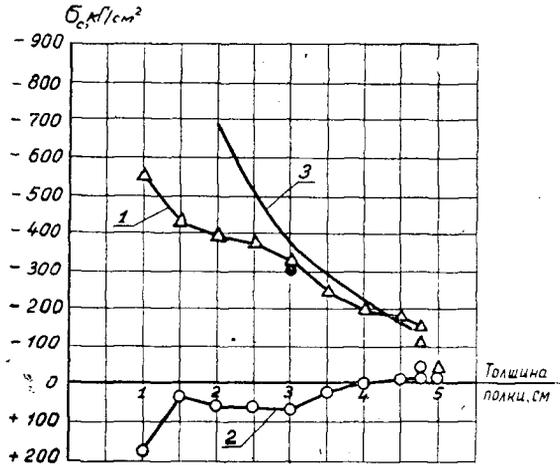


Рис. 2.

Таблица 1

Толщина полки, см	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Самоуравновешенные напряжения, %	5,6	21,7	23,9	29,8	38,6	41,7	39,3	39,2	40,5

Как следует из таблицы, продольные нормальные самоуравновешенные напряжения составляют значительный процент от основных, и этого не учитывать нельзя. Их относительная величина оказалась наибольшей при отношении толщины полки к толщине стенки равном 2,5; когда оно уменьшается, то есть стержень приближается к тонкостенному, доля самоуравновешенных напряжений остается практически постоянной.

Для полки толщиной 4,75 см опыт проделывали при толщине стенки 2 и 1 см. Доля самоуравновешенных напряжений в кромках сжатой полки составила соответственно 13,4 и 19,5%.

Продольные нормальные самоуравновешенные напряжения в кромках растянутой полки оказались небольшими (кривая 2, рис. 2). Знак их изменился, начиная с толщины полки 4 см: при большей толщине они были сжимающими (уменьшающими основные напряжения), при меньшей — растягивающими.

Были проведены также эксперименты с различной внешней нагрузкой. Оказалось, что самоуравновешенные напряжения, как и следовало ожидать, прямо пропорциональны действующим усилиям.

Рельсы железных дорог по форме поперечного сечения таковы, что нормальные продольные самоуравновешенные напряжения, возникающие в кромках головок при проходе подвижной нагрузки, составляют значительную долю от основных напряжений вертикального изгиба. Так как самоуравновешенные напряжения быстро затухают, то напряженное состояние головки рельса при проходе подвижного состава изменяется весьма резко, что не может не сопровождаться явлениями усталости материала рельса.

Для основных типов узкоколейных рельсов величина самоуравновешенных напряжений в кромках головок определена нами опытным

путем [1], [2]. Приближенная оценка этих напряжений в рельсах дорог широкой колеи может быть дана следующим расчетом.

В соответствии с работой В. Н. Данилова [3] рассматриваем головку рельса как бесконечно длинную балку, лежащую на сплошном упругом основании (шейке), свойства которого характеризуются гипотезой Винклера. Модуль упругости этого основания

$$U = \frac{E \cdot a}{l},$$

где  $E$  — модуль упругости рельсовой стали;  
 $a$  — толщина шейки;  
 $l$  — ее высота.

Дополнительные продольные нормальные самоуравновешенные напряжения на верхней грани головки

$$\sigma_c = \frac{P}{4KW_2} = \frac{P}{4W_2 \sqrt{\frac{U}{4EI_2}}},$$

где  $W_2$  — момент сопротивления головки;  
 $I_2$  — момент ее инерции;  
 $P$  — давление колеса на рельс.

Если обозначить:  $b$  — ширина головки,  $h$  — ее высота, то окончательно получим

$$\frac{\sigma_c}{P} = \frac{1,14}{\sqrt{\frac{ah^5b^3}{l}}}.$$

На рис. 2 кривая 3 показывает самоуравновешенные напряжения, подсчитанные по этой формуле для испытанных сечений. При толщине полки 3 см и более сходимость рассчитанных напряжений с экспериментальными удовлетворительна.

Величина продольных нормальных самоуравновешенных напряжений, возникающих в кромках головок рельсов широкой колеи, по грубой оценке составляет: для Р50  $\frac{\sigma_c}{P} = 0,070$ ; для Р65  $\frac{\sigma_c}{P} = 0,068$ .

Для современного подвижного состава ширококолейных железных дорог дополнительные самоуравновешенные напряжения в головках рельсов весьма значительны.

Выполненные исследования показывают, что в двутавровых балках и железнодорожных рельсах, кроме основных напряжений изгиба в месте приложения сосредоточенной нагрузки, сжатая полка (головка рельса) испытывает весьма существенные дополнительные продольные нормальные напряжения. Их необходимо учитывать при оценке напряженного состояния балок.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Биричевский, Н. Н. Буторин, В. В. Щелкунов. О напряженном состоянии рельса в зоне действия сосредоточенной нагрузки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [2]. Л. П. Биричевский, Н. Н. Буторин, В. В. Щелкунов. Продольные нормальные напряжения на контуре профиля узкоколейных рельсов. Труды АЛТИ, т. XVIII, Архангельск, 1957. [3]. В. Н. Данилов. Расчет номинальных напряжений под головкой рельса. Труды ВНИИЖТ, 33, Трансжелдориздат, 1949. [4]. Н. И. Пригоровский, А. К. Прейс. Исследование напряжений и жесткости деталей машин на тензометрических моделях. Изд-во АН СССР, М., 1958. [5]. С. П. Тимошенко. Теория упругости. Изд-во технико-теоретической литературы, 1934. [6]. W. Schlee. Ein einfaches Verfahren zur Lösung von Scheibenausgaben. Beton- und Stahlbetonbau, № 3, 4, 5, 1964.

УДК 621.43

## О ПУСКОВЫХ ИЗНОСАХ ДИЗЕЛЕЙ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ Д-37М ВТЗ

И. А. СЕМИН

(Московский лесотехнический институт)

Работники кафедры тяговых машин МЛТИ ведут работу по определению пусковой надежности двигателей воздушного охлаждения Д-37М. Первый этап зимних испытаний был проведен в Песковском леспромхозе комбината «Кирлес» в феврале — марте 1965 г. Испытывали два дизеля, оборудованные пусковым двигателем и электростартером.

Для определения величины пусковых износов использовали методы вырезанных лунок на поверхностях зеркала цилиндров двигателей и микрометража цилиндров.

Работа осуществлялась следующим образом. Двигатели проходили 60-часовую обкатку по заводской программе, после этого находились параметры дизелей по регуляторным характеристикам. Путем измерения величин давления конца сжатия  $P_c$  при предпусковом прокручивании определяли исходное техническое состояние пар «поршень — цилиндр».

На поверхностях зеркала цилиндров прибором УПОИ-6 нарезали лунки, производили их первичное измерение, а также первичный микрометраж цилиндров.

Испытания проводили в два цикла по 10 пусков — прогревов в каждом. Дизели прогревали до рабочей температуры двигателя.

В процессе пусков — прогревов замеряли: скорость прокручивания коленчатого вала двигателя пусковыми устройствами; время прокручивания до пуска; скорость вращения дизелей при прогреве; время прогрева до рабочей температуры; температуру окружающей среды, всасываемого воздуха, цилиндров, головок цилиндров и картерного масла.

С целью установления влияния индивидуальных качеств дизелей и систем пуска на их пусковые качества во втором цикле испытания пусковые системы были представлены с одного двигателя на другой. Пуски дизелей производили без их предварительного подогрева при температуре окружающей среды до  $-15^\circ\text{C}$  и с подогревом, при более низкой температуре. Перерыв между пусками — прогревами составлял не менее 12 час.

Предварительный подогрев дизелей перед пуском осуществлялся при помощи воздушного пускового подогревателя-отопителя ОВ-65 (прогрев цилиндров и головок до  $30-40^\circ\text{C}$ ) и паяльной лампы (прогрев картерного масла до  $30-40^\circ\text{C}$ ). Для более стабильного сохранения температуры дизелей в период между пусками — прогревами двигатели были установлены в контейнере с теплоизоляционными свойствами.

Изменение температуры головок цилиндров дизеля в процессе пуска — прогрева с предварительным подогревом и без него (рис. 3) контролировалось медь-константановыми термодарами с записью на киноленту магнитоэлектрического осциллографа МПО-1.

В процессе испытания контролировалось техническое состояние пар «поршень — цилиндр», которое, как известно, оказывает весьма значительное влияние на пусковые качества дизелей (рис. 4).

Из графика, представленного на рис. 4, следует, что за период испытаний техническое состояние пар «цилиндр — поршень», контролируемое периодическим измерением величины давления конца сжатия  $P_c$ , практически не изменилось. Величины  $P_c$  измеряли с помощью механического индикатора трижды: перед началом пусков, после проведения первого и второго циклов.

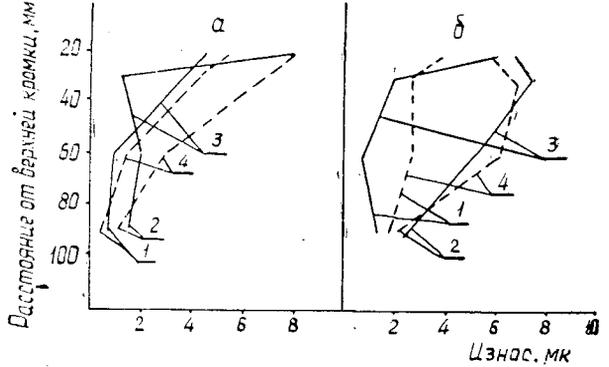
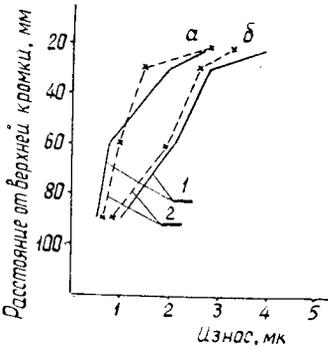


Рис. 1. Средние радиальные износы цилиндров.

Рис. 2. Средние диаметральные износы цилиндров.

1 — двигатель № 1; 2 — двигатель № 2; а — 1-й цикл испытания; б — 2-й цикл испытания.

1 — 1-й цикл испытания; 2 — 2-й цикл испытания; 3 — двигатель № 1; 4 — двигатель № 2; а — замеры на II коленчатом валу; б — замеры на I коленчатом валу.

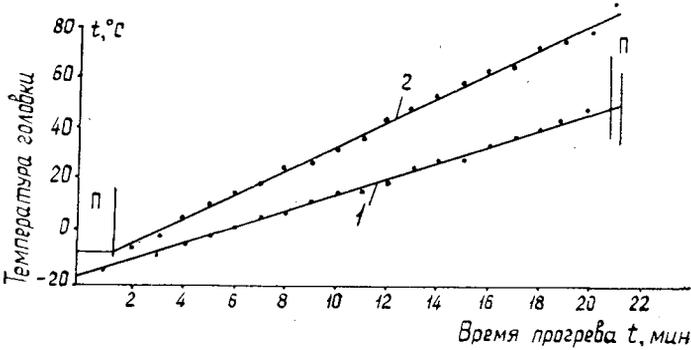


Рис. 3. Пуск и прогрев двигателей Д-37М.

1 — предпусковой прогрев подогревателем ОВ-65; 2 — прогрев работой дизеля на холостом ходу; П — пуск.

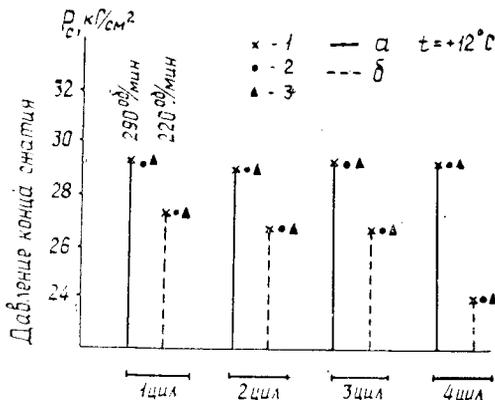


Рис. 4. Контроль технического состояния пар «цилиндр — поршень».

1 — исходные значения величин  $P_c$ ; 2 — контрольная точка после 1-го цикла; 3 — то же после 2-го цикла; а — двигатель № 1; б — двигатель № 2.

Основные данные по параметрам пусков — прогревам двигателей сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ пусков	№ дизелей	$t_{дв}, ^\circ\text{C}$	$t_1, \text{сек}$	$t_2, \text{сек}$	$t_3, \text{сек}$	$n_1, \text{об/мин}$	$n_2, \text{об/мин}$	Примечание
1	1	$\frac{-8}{-12}$	$\frac{195}{294}$	$\frac{20}{18}$	—	$\frac{150}{180}$	$\frac{1200}{1200}$	
		$\frac{-8}{-12}$	$\frac{255}{381}$	$\frac{18}{20}$	—	$\frac{230}{110}$	$\frac{1100}{1100}$	
2	1	$\frac{-7}{-13}$	$\frac{210}{325}$	$\frac{18}{22}$	—	$\frac{145}{180}$	$\frac{1200}{1200}$	
		$\frac{-7}{-13}$	$\frac{240}{420}$	$\frac{20}{22}$	—	$\frac{250}{100}$	$\frac{1100}{1100}$	
3	1	$\frac{0}{-16}$	$\frac{165}{50}$	$\frac{16}{10}$	—	$\frac{170}{170}$	$\frac{1200}{1200}$	x
		$\frac{0}{-16}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{16}{10}$	—	$\frac{280}{90}$	$\frac{1100}{1100}$	
4	1	$\frac{-23}{-18}$	$\frac{13}{30}$	$\frac{9}{9}$	$\frac{30}{25}$	$\frac{190}{290}$	$\frac{1200}{1200}$	Подогрев
		$\frac{-23}{-18}$	$\frac{7}{47}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{28}{25}$	$\frac{280}{190}$	$\frac{1100}{1100}$	"
5	1	$\frac{-2}{-16}$	$\frac{66}{25}$	$\frac{6}{7}$	—	$\frac{170}{290}$	$\frac{1600}{1200}$	"
		$\frac{-2}{-16}$	$\frac{19}{45}$	$\frac{14}{8}$	—	$\frac{280}{180}$	$\frac{1100}{1100}$	"
6	1	$\frac{-16}{-6}$	$\frac{21}{25}$	$\frac{6}{13}$	$\frac{17}{-}$	$\frac{195}{250}$	$\frac{1600}{1200}$	"
		$\frac{-16}{-6}$	$\frac{17}{44}$	$\frac{6}{12}$	$\frac{15}{-}$	$\frac{290}{150}$	$\frac{1600}{1100}$	"
7	1	$\frac{-2}{-12}$	$\frac{45}{232}$	$\frac{12}{17}$	—	$\frac{170}{200}$	$\frac{1200}{1200}$	
		$\frac{-2}{-12}$	$\frac{70}{305}$	$\frac{13}{16}$	—	$\frac{280}{110}$	$\frac{1100}{1100}$	x
8	1	$\frac{-17}{-5}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{10}{15}$	$\frac{16}{-}$	$\frac{195}{260}$	$\frac{1600}{1200}$	Подогрев
		$\frac{-17}{-5}$	$\frac{44}{56}$	$\frac{10}{15}$	$\frac{17}{-}$	$\frac{290}{140}$	$\frac{1600}{1100}$	"
9	1	$\frac{-16}{-4}$	$\frac{20}{48}$	$\frac{9}{12}$	$\frac{14}{-}$	$\frac{190}{260}$	$\frac{1200}{1200}$	"
		$\frac{-16}{-4}$	$\frac{23}{50}$	$\frac{9}{12}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{290}{140}$	$\frac{1100}{1100}$	"
10	1	$\frac{-19}{2}$	$\frac{25}{40}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{25}{-}$	$\frac{190}{280}$	$\frac{1200}{1200}$	"
		$\frac{-19}{2}$	$\frac{23}{67}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{27}{-}$	$\frac{290}{180}$	$\frac{1100}{1100}$	xx

Примечание. В числителе — данные для первого цикла испытания, в знаменателе — для второго.

В таблице введены обозначения:

- $t_{дв}$  — предпусковая температура дизеля, °С;
- $t_1$  — время предпускового прокручивания, сек;
- $t_2$  — время прогрева, мин;
- $t_3$  — время предпускового подогрева, мин;
- $n_1$  — скорость прокручивания двигателя при пуске, об/мин;
- $n_2$  — скорость вращения двигателя при прогреве, об/мин;
- $x$  — ненадежная работа подогревателя всасываемого воздуха;
- $xx$  — неполадки в топливной системе дизеля.

В первом цикле испытания дизель № 1 был оборудован электро-стартерной системой пуска. Двигатель № 2 имел пусковой двигатель воздушного охлаждения ПД-8.

Из таблицы видно, что первый цикл испытания проводили при средней температуре пуска — 4,7° С. Для двигателя № 1 общее время предпускового прокручивания составило 11 мин 41 сек, а путь трения 477 м. Для дизеля № 2 эти показатели составили соответственно 10 мин 39 сек и 690 м.

Во втором цикле двигатель № 1 был оборудован пусковой системой с двигателем ПД-8. Дизель № 2 имел электростартерную систему пуска.

Из таблицы видно, что второй цикл испытания проводился при средней температуре пуска — 8,2° С. Для дизеля № 1 общее время предпускового прокручивания составило 17 мин 39 сек, а путь трения 980 м; для двигателя № 2 соответственно 22 мин 58 сек и 697 м.

Из рис. 1 и 2 видно, что и радиальные и диаметральные износы цилиндров значительно отличаются в первом и втором циклах испытания. Износы двигателей, оборудованных разными системами пуска, в одноцикловых испытаниях практически одинаковы. Это дает основание предположить, что внешние (хотя и незначительно отличающиеся друг от друга) условия пуска дизелей Д-37М играют более существенную роль в изменении пусковых износов, чем различия в пусковых системах. По результатам настоящих испытаний не удалось заметить существенных различий в пусковых износах дизелей, оборудованных электростартерной системой пуска и пусковым двигателем.

Результаты настоящей работы позволили установить следующее:

1. При наличии хорошо работающих подогревательных устройств и аккумуляторов пуск двигателей Д-37М в условиях зимней эксплуатации особых трудностей не представляет.

2. Пусковая система двигателя Д-37М с пусковым двигателем ПД-8 обеспечивает надежный пуск.

3. При пуске дизелей Д-37М (средние температуры пуска — 4,7 и — 8,2° С) без предварительного подогрева (в соответствии с временными условиями на эксплуатацию) пусковые износы цилиндров как радиальные, так и диаметральные в среднем вдвое выше во втором случае.

Испытания дизелей Д-37М ВТЗ на пусковую надежность в условиях лесозаготовительных предприятий будут продолжены.

УДК 621.876 : 674.812

## ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Н. С. СМОГУНОВ

(Воронежский лесотехнический институт)

Для выяснения возможности применения подшипников скольжения из прессованной древесины в дорожно-строительных машинах, работающих с переменными нагрузками, небольшими скоростями скольжения и при консистентной смазке, подаваемой периодически под давлением, автор провел экспериментальные исследования в лаборатории Воронежского лесотехнического института и производственные испытания в дорожно-строительных предприятиях. В экспериментах автор использовал специально сконструированную и смонтированную им установку, позволяющую создавать как постоянные, так и переменные нагрузки, изменять скорость скольжения и подавать консистентную смазку под давлением. Производственные испытания проводили в опорных катках ходовой части бульдозера Д-271, который работал и на земляных работах и в карьере.

Объектом экспериментальных исследований явились вкладыши из прессованной древесины березы торцового гнущя (ДП-ГТ), имеющие при влажности 6—7% объемный вес 1,2—1,3 г/см<sup>3</sup>, и вкладыши из бронзы ОЦС 5-6-5. Внутренний диаметр вкладышей 55 мм, длина 90 мм, а толщина — 8 мм.

Были испытаны три относительных зазора (0,011; 0,0073 и 0,0036) у подшипников скольжения с консистентной смазкой для определения оптимального значения.

Нагружающее усилие, создаваемое гидравлической системой, было направлено вертикально вверх и передавалось через подшипник на вал. Для создания переменной нагрузки в гидросистему был подключен трехсекционный пульсатор, конструкция которого позволяла изменять частоту пульсации и регулировать величину переменной нагрузки. Нагрузка изменялась от 5,5 до 36,0 кг/см<sup>2</sup>, величина переменной нагрузки равна 0,7 от общей, а скорость скольжения колебалась от 0,1 до 0,74 м/сек.

Температуру вблизи поверхности трения измеряли с помощью девяти медно-константановых термопар и гальванометра М117, а величину постоянной и переменной нагрузки и момента трения — с помощью проволочных датчиков сопротивления, усилителя и осциллографа.

В качестве смазки применяли солидол УСс-1, который подавался периодически под давлением специальным лубрикатором. Расход смазки оставался постоянным на всех ступенях испытаний и составлял 9,42 см<sup>3</sup>/час (то есть был близок к расходу в производственных условиях).

Полученные при экспериментальных исследованиях данные показали, что в условиях как постоянных, так и переменных нагрузок коэффициент трения и температура вблизи поверхности трения втулок из ДП-ГТ увеличивается с повышением удельной нагрузки (рис. 1). Коэффициент трения втулок с постоянными нагрузками и оптимальным относительным зазором, равным 0,0036, изменяется в зависимости от скорости скольжения (0,1—0,74 м/сек) от 0,002 до 0,032. При всех скоростных и нагрузочных режимах коэффициент трения и температура вблизи поверхности трения выше у втулок, работающих с переменными

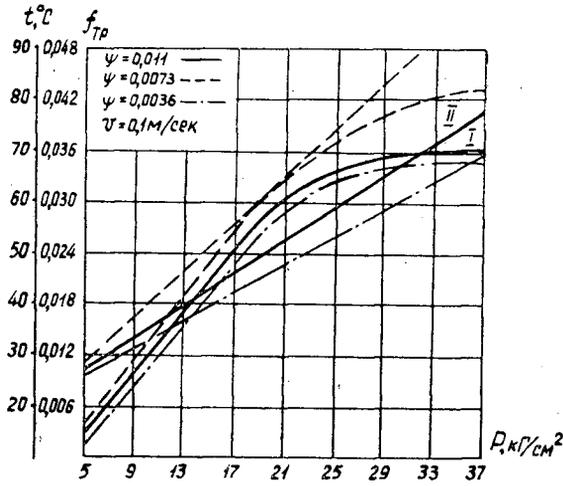


Рис. 1.

I — зависимость коэффициента трения от удельной нагрузки; II — зависимость температуры вблизи поверхности трения от удельной нагрузки.

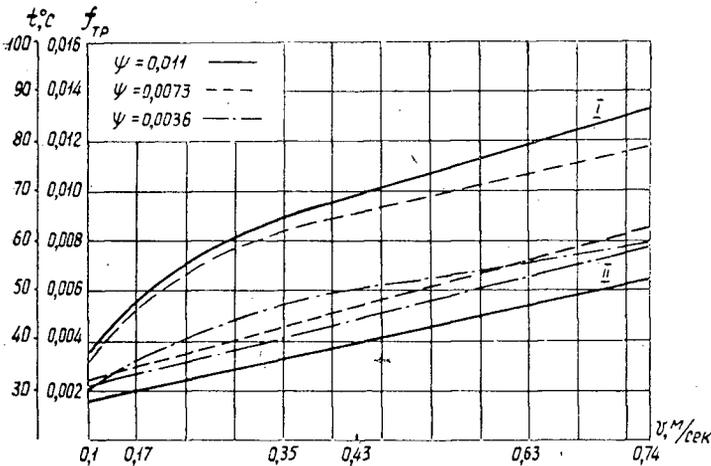


Рис. 2.

I — зависимость коэффициента трения от скорости скольжения при  $p = 5,5 \text{ кг/см}^2$ ; II — зависимость температуры вблизи поверхности трения от скорости скольжения при  $p = 5,5 \text{ кг/см}^2$ .

нагрузками, чем с постоянными. При длительности цикла нагружения в 1 сек с изменением скорости скольжения от 0,1 до 0,74 м/сек и при относительном зазоре 0,0036 коэффициент трения колеблется от 0,0035 до 0,043. Коэффициент трения и температура вблизи поверхности трения повышаются с увеличением частоты действия переменной нагрузки, то есть с уменьшением длительности цикла нагружения, а также с возрастанием скорости скольжения (рис. 2). Для втулок с небольшими относительными зазорами (0,0036) кривые зависимости коэффициента трения и температуры вблизи поверхности трения от скорости скольжения имеют незначительную крутизну при всех нагрузочных режимах; для втулок с большими относительными зазорами (0,011 и 0,0073) эти кривые более круты, что связано со свободным выходом консистентной смазки с трущихся поверхностей.

Характер зависимости коэффициента трения от удельной постоянной и переменной нагрузки и скорости скольжения для бронзовых втулок (из бронзы ОЦС 5-6-5) и для втулок из ДП-ГТ подобен. В случае переменных нагрузок коэффициент трения бронзовых втулок при изменении скорости скольжения от 0,1 до 0,74 м/сек и оптимальном относительном зазоре 0,0036 равен 0,002—0,04, а для втулок из прессованной древесины — 0,0045—0,05. Температура вблизи поверхности трения при всех скоростных и нагрузочных режимах испытаний ниже у бронзовых втулок.

Для проверки результатов экспериментальных исследований и определения работоспособности втулок из прессованной древесины ДП-ГТ проведены производственные испытания партии втулок (10 шт.) в подшипниках опорных катков ходовой части бульдозера Д-271. Конструкция подшипников представлена на рис. 3. Скорость скольжения втулок спорных катков изменяется от 0 до 0,63 м/сек, а удельная нагрузка от 140 (при скорости скольжения, близкой к нулю) до 11,8 кг/см<sup>2</sup> (при скорости скольжения 0,63 м/сек).

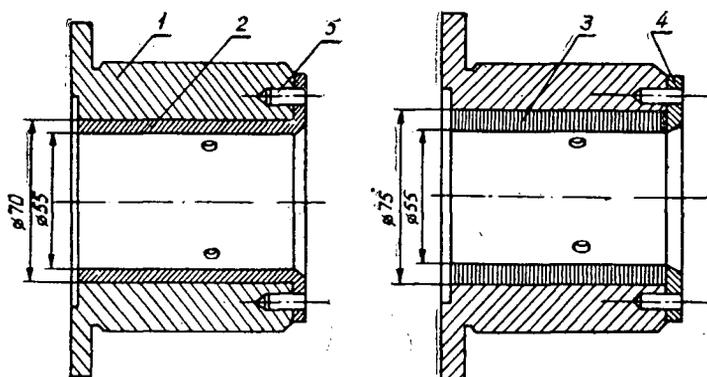


Рис. 3.

1 — корпус подшипника; 2 — бронзовая втулка подшипника;  
3 — втулка из прессованной ДП-ГТ; 4 — бронзовое кольцо;  
5 — шпильки.

Результаты производственных испытаний показали, что после 910 час работы подшипников износ втулок из бронзы и из ДП-ГТ одинаков: 0,7—1,0 мм по диаметру. Большой износ наблюдался у втулок первого катка. Ось, работавшая с втулкой из прессованной древесины ДП-ГТ, практически не изнашивалась, а с втулками из бронзы ОЦС 5-6-5 истиралась на 1,75—2,0 мм. При правильной разработке конструкции и эксплуатации узлов трения долговечность работы втулок из ДП-ГТ и из бронзы одинакова, а стоимость подшипников с втулками из ДП-ГТ в 8—10 раз меньше.

Отмечено, что втулки из ДП-ГТ хорошо впитывают консистентную смазку, а при больших нагрузках она выходит на поверхность и смазывает трущиеся поверхности, то есть подшипники работают на самосмазке, хорошо удерживают ее на поверхности, чего не наблюдается у подшипников с втулками из бронзы ОЦС 5-6-5.

При эксплуатации втулки из прессованной древесины ДП-ГТ в подшипнике должны быть зажаты с торцов.

### Выводы

1. При всех режимах работы и консистентной смазке, подаваемой периодически под давлением, коэффициент трения и температура вблизи поверхности трения втулок в случае действия циклической (1 сек) переменной нагрузки выше, чем в случае постоянной. С увеличением частоты действия переменной нагрузки разность в величинах коэффициента трения и температуры вблизи поверхности трения увеличивается.

2. Втулки из прессованной древесины березы торцового гнутья с осевой подпрессовкой (ДП-ГТ) и консистентной смазкой, подаваемой периодически под давлением, могут работать в диапазоне скоростей от 0,1 до 0,74 м/сек и при удельной постоянной нагрузке 38,5 кГ/см<sup>2</sup>, а с переменной — до 34 кГ/см<sup>2</sup>.

3. Для втулок из прессованной древесины ДП-ГТ оптимальный относительный зазор — 0,0036, или 0,4% от диаметра вала.

4. Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний показали, что подшипники с втулками из прессованной древесины ДП-ГТ являются полноценными заменителями цветных металлов в узлах трения дорожно-строительных машин с постоянными и переменными нагрузками, небольшими и средними скоростями скольжения с консистентной смазкой, подаваемой периодически под давлением.

Поступила в редакцию  
30 сентября 1965 г.

УДК 629.114.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ТРАКТОРА ТДТ-55

Г. М. АНИСИМОВ, В. А. ГАЛЯМИЧЕВ, А. М. ГОЛЬДБЕРГ,  
А. Д. ДРАКЕ, В. В. ЧЕРНЯЕВ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Оценка режимов работы трактора возможна лишь на основе анализа большого статистического материала, полученного в различных эксплуатационных условиях.

В настоящей статье кратко освещены итоги работ, посвященных изучению эксплуатационных режимов работы трелевочного трактора ТДТ-55. Исследования проводились коллективом кафедры тяговых машин ЛТА в содружестве с работниками Онежского тракторного завода [3].

Испытания трактора вели на производственном участке Лисинского учебно-опытного лесхоза ЛТА. Таксационные данные (запас 240 пл. м<sup>3</sup> на 1 га, средний объем хлыста 0,23 пл. м<sup>3</sup>), почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, состояние трелевочного волока характерны для равнинных районов Северо-Запада.

Необходимое число отсчетов и минимальная длина волока. Обычно при испытаниях принимается вероятность  $p = 0,95$  и допустимая ошибка  $\varepsilon = 0,05$  [1], [2]. В этом случае необходимое число отсчетов по таблице больших чисел составит 384.

При рабочей скорости трактора 5 км/час и частоте квантования 2 гц ( $t = 0,5$  сек) для получения 384 отсчетов минимальная длина волока должна составлять 265 м. В период испытаний длина волока оказалась больше расчетной.

Необходимое число рейсов. Предварительные исследования [3] показали, что коэффициент вариации  $V$  крутящего момента на карданном валу  $M_{к.в}$  составляет в среднем 39%. При принятой вероятности  $p = 0,95$ , относительной ошибке  $\varepsilon = 10\%$  и коэффициенте вариации  $V = 39\%$  для достоверной оценки  $M_{к.в}$  достаточно провести 57 рейсов [1]. В период испытаний было сделано 72 рейса.

Рейсовые нагрузки. Для объективной оценки эксплуатационных режимов предусматривалась работа трактора в широком диапазоне рейсовых нагрузок без влияния экспериментатора на работу тракториста. Характерными рейсовыми нагрузками для трактора ТДТ-55 в данных условиях являются 4,0—6,0 пл. м<sup>3</sup>. При этом в зимнем цикле средняя рейсовая нагрузка составила 5,50 м<sup>3</sup> и максимальная 10,63 м<sup>3</sup>, а в летнем — соответственно 4,54 и 6,69 м<sup>3</sup>. Эти нагрузки соответствуют итогам госиспытаний [4].

Параметры, регистрируемые в процессе испытаний: момент на карданном валу и усилие в тросе лебедки с градацией по разрядам; число оборотов карданного вала; число включений и время работы муфты сцепления, коробки передач, лебедки, фрикционов; машинное время.

При испытаниях режимы работы трактора расчленили по отдельным фазам трелевки (холостой ход, маневры, сбор пакета, грузовой ход) и внутри фаз (переключение передач, процесс трогания).

Аппаратура для испытаний. Исследования проводили с помощью счетно-анализирующей аппаратуры для статистического анализа, поэтому результаты можно было получить сразу после опыта, сняв показания со счетчиков. При этом характер изменения эксплуатационных режимов работы агрегатов трактора изучали путем сравнения вариационных рядов исследуемого параметра, соответствующего определенному закону распределения.

Для непосредственного получения вариационных рядов в ходе испытаний были использованы специальные датчики, выдающие значения исследуемых силовых параметров ( $M_{к.в}$ ,  $P_{леб}$ ) по разрядам на электроимпульсные счетчики. Фотоаппаратура позволила производить регистрацию показаний счетчиков в любой момент рабочего цикла.

Первый образец датчика, выдающего значения крутящего момента по уровням, был разработан аспирантом ЛТА Ю. И. Стахеевым (при участии сотрудников кафедры тяговых машин К. В. Васильева и Г. М. Анисимова) и применен при испытаниях лесохозяйственного трактора [5]. В дальнейшем при подготовке аппаратуры для испытаний трактора ТДТ-55 этот датчик был усовершенствован [3]. Конструкция датчика предусматривала регистрацию крутящего момента до 150 кгм с ценой одного разряда 5 кгм.

Тяговое усилие в тросе лебедки замеряли накладным динамометром, установленным с помощью серьги на шите трактора вместо грузового блока. Силовым элементом динамометра является рессора, деформация которой пропорциональна усилию, действующему в тросе. Для регистрации усилия в тросе по разрядам применяли специальный развертывающий механизм. Суммарное число оборотов карданного вала замеряли быстроходным импульсным счетчиком типа СБ-1М/100. В ходе испытаний регистрировали количество включений и продолжительность работы каждой из передач коробки, лебедки, сцепления и бортовых фрикционов трактора.

Для регистрации показаний счетчиков в процессе испытаний применяли фотоаппарат «Зенит-3С» и лампу-вспышку с питанием от аккумуляторов. В конце каждого дня испытаний пленки обрабатывали, а отпечатанные фотографии пускали в первичную обработку.

Опытные данные обрабатывали в такой последовательности. Исходные данные исследуемых параметров определяли как разность показаний счетчиков на фотографиях, относящихся к концу и началу обрабатываемой фазы процесса. На основании исходных данных, сгруппированных по фазам процесса, диапазонам рейсовых нагрузок и временам года, составляли сводные таблицы. В них силовые параметры ( $M_{к.в}$ ,  $P_{леб}$ ) представлены в виде статистических рядов или гистограмм распределения частот появления разрядных значений. Производили математическую обработку данных с целью установления законов распределения и вычисления их характеристик: средних значений, основного отклонения  $\sigma$ , характеризующего степень рассеяния значений параметра, относительной ошибки и т. д. Составляли сводные таблицы, характеризующие количество включений и продолжительность работы агрегатов силовой передачи.

Анализ экспериментальных данных показал, что условия эксплуатации трелевочного трактора ТДТ-55 определяются широкими пределами изменения сил сопротивления движению, оцениваемых величиной крутящего момента.

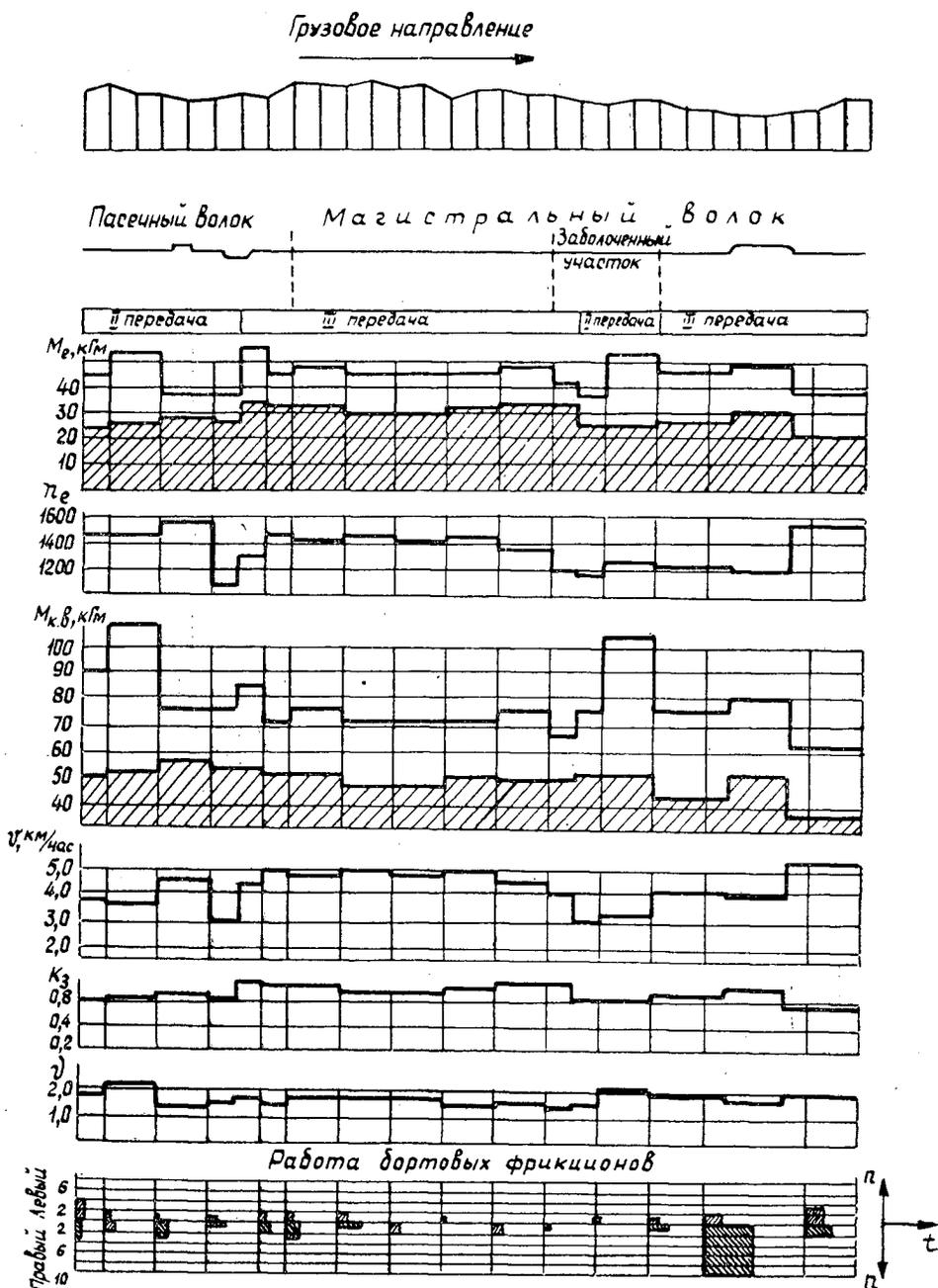


Рис. 1.

На рис. 1 в качестве примера показан характер изменения ряда исследуемых параметров при грузовом ходе трактора. На нем представлены продольный профиль волока с разбивкой его на пикеты, используемые передачи и динамика изменения некоторых параметров по пикетам: крутящего момента и числа оборотов двигателя  $M_e$ ,  $n_e$ , крутящего момента на карданном валу  $M_{к.в.}$ , скорости движения трактора  $v_0$ , коэффициента загрузки двигателя по моменту  $K_z$ ,

коэффициента возможного возрастания крутящего момента  $\gamma$  и использования бортовых фрикционов.

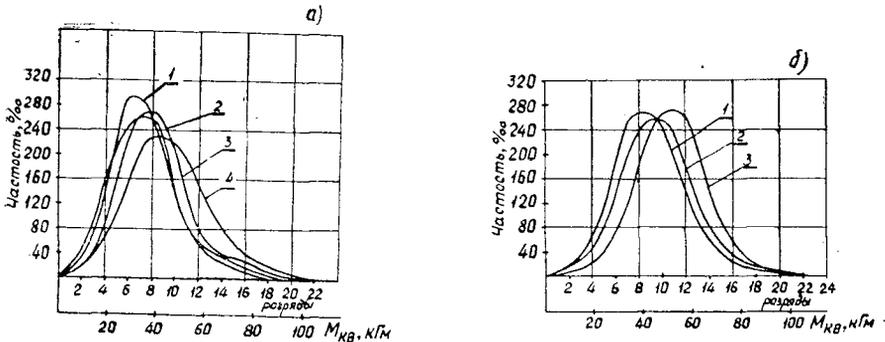
Эксплуатационные режимы работы трактора по фазам процесса для летнего и зимнего циклов испытаний могут быть охарактеризованы данными табл. 1

Таблица 1

Показатели	Фазы процесса				
	холостой ход	маневры	сбор пакета	грузовой ход	в целом
Машинное время рейса, % . .	36,1	6,9	14,2	42,8	100,0
Среднее значение $M_e$ , кгм .	13,1	9,9	15,4	18,6	16,7
	14,1	16,5	16,5	22,5	
Коэффициент загрузки по моменту $K_z$ . . . . .	0,41	0,31	0,48	0,59	0,52
	0,44	0,50	0,52	0,70	
$M_{к.в.}$ , кгм	20,6	28,1	$P_{леб} = 1895 \text{ кг}$	37,7	—
	22,1	32,7		$P_{леб} = 2030 \text{ кг}$	
среднее . . . . .	38,4	55,3	$P_{леб} = 4680 \text{ кг}$	67,9	—
	48,3	69,7		$P_{леб} = 5400 \text{ кг}$	
Коэффициент возможного возрастания момента . . . . .	1,87	1,97	2,47	1,80	—
	2,18	2,13	2,66	1,68	

Примечание. В числителе — данные для зимы; в знаменателе — для лета.

Из таблицы следует, что коэффициент загрузки двигателя находится в пределах 0,31—0,70. Сравнительно низкие его значения позволяют преодолевать эпизодически возрастающие силы сопротивления большой величины, которые оцениваются коэффициентом возможного возрастания момента. На рис. 2 представлены кривые распределения крутящего момента при грузовом ходе в летних (а) и зимних (б) условиях для различных диапазонов рейсовых нагрузок.



№ кривой	$Q$ , л.л. м <sup>3</sup>	$M_{к.в.}^{ср}$ , кгм	$\bar{\sigma}$ , кгм	$P$ , %
1	4 ÷ 5	35,2	±13,3	1,19
2	5 ÷ 6	35,2	±15,1	1,35
3	6 ÷ 7	39,8	±14,9	1,18
4	7 ÷ 8	45,3	±16,9	1,17

№ кривой	$Q$ , л.л. м <sup>3</sup>	$M_{к.в.}^{ср}$ , кгм	$\bar{\sigma}$ , кгм	$P$ , %
1	4 ÷ 5	42,5	±14,7	1,08
2	5 ÷ 6	44,9	±15,9	1,11
3	6 ÷ 7	51,3	±14,6	0,90

Рис. 2.

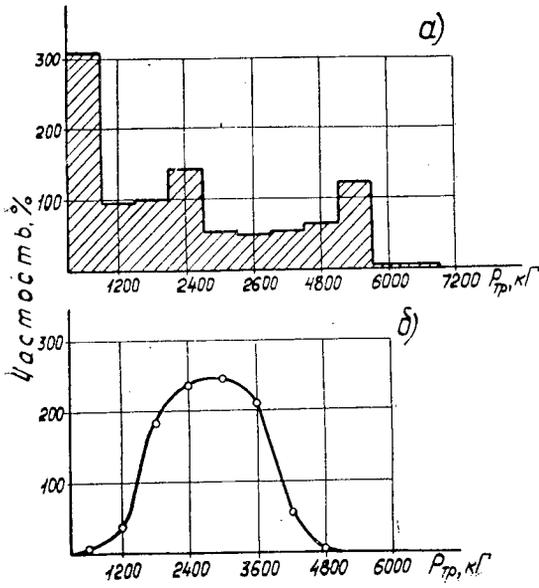


Рис. 3.

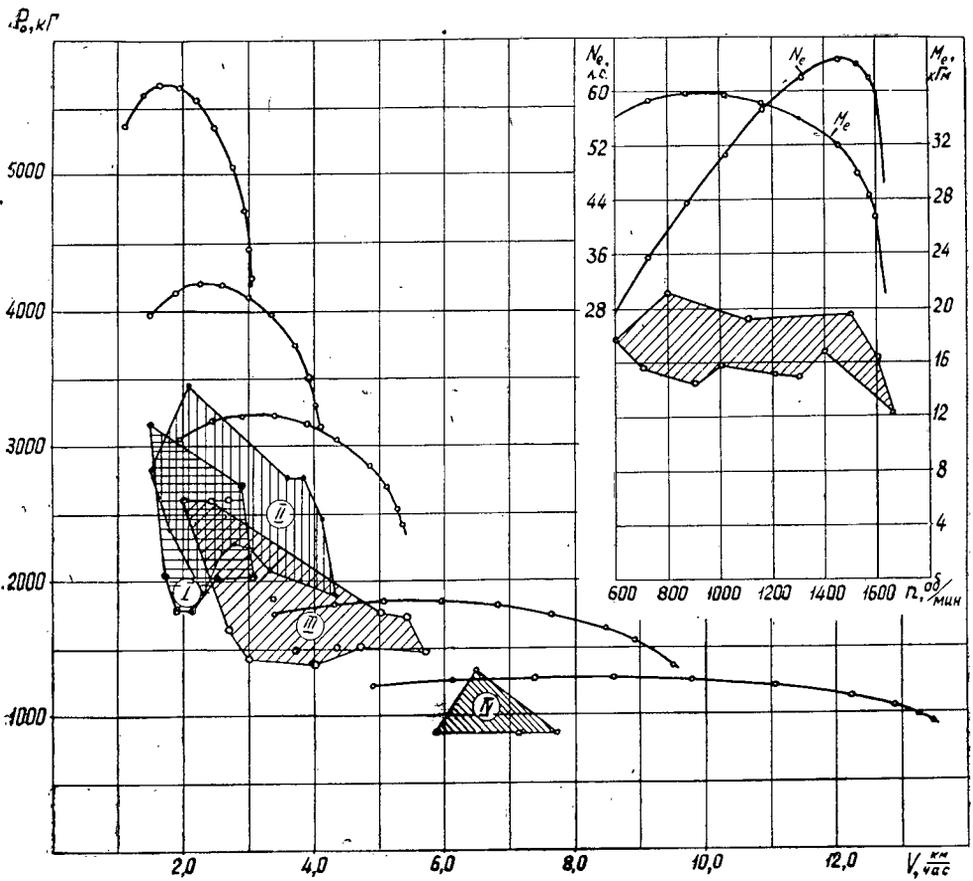


Рис. 4.

Анализ этих кривых позволяет сделать следующие выводы: закон распределений момента близок к нормальному; возрастание рейсовых нагрузок влечет за собой увеличение средних значений момента и величины основного отклонения; для летних условий характерно увеличение момента, что предопределяется ростом сил сопротивлений на сильно деформируемых грунтах; максимальные значения момента, эпизодически возникающие в трансмиссии, в 2,5—3,0 раза превосходят его средние значения.

Сила тяги в тросе лебедки при сборе пакета объемом 6—7 п.л. м<sup>3</sup> в летнее время характеризуется гистограммой (рис. 3, а). Пакет формируется в несколько приемов при последовательном подтаскивании групп деревьев. Появление высоких значений силы тяги (свыше 6000 кг) наблюдается сравнительно редко. При грузовом ходе лебедка трактора загружена суммарным действием силы сопротивления волочащейся части пакета и силы предварительного натяжения троса при формировании пакета на щите трактора. Изменение силы тяги в тросе лебедки во время грузового хода (рис. 3, б) определяется изменением сил сопротивления движению. Закон появления значений силы тяги близок к закону нормального распределения.

Для оценки загрузки двигателя и агрегатов трактора в целом по всем фазам рабочего цикла на основании экспериментальных данных летнего и зимнего циклов испытаний получены корреляционные табли-

Таблица 2

Показатели	Фазы процесса					
	холостой ход	маневры	сбор пакета	грузовой ход	использование агрегата, % от машинного времени	количество включений на один рейс
Машинное время, % . . .	36,1	6,9	14,2	42,8	100,0	—
Использование агрегатов, % от времени фазы						
сцепление . . . . .	$\frac{1,3}{0,7}$	$\frac{10,4}{7,4}$	$\frac{20,6}{15,2}$	$\frac{2,9}{3,4}$	5,03	27,1
I . . . . .	$\frac{0,3}{2,9}$	$\frac{7,6}{23,6}$	$\frac{7,0}{14,8}$	$\frac{6,0}{3,6}$	5,07	3,3
II . . . . .	$\frac{3,2}{2,2}$	$\frac{6,6}{9,1}$	$\frac{3,0}{—}$	$\frac{20,6}{38,2}$	14,9	4,7
III . . . . .	$\frac{83,4}{94,2}$	$\frac{8,8}{1,5}$	$\frac{0,7}{—}$	$\frac{68,4}{54,8}$	59,4	3,8
IV . . . . .	$\frac{11,8}{—}$	—	—	$\frac{2,1}{—}$	3,35	0,4
задний ход . . . . .	—	$\frac{66,6}{18,4}$	$\frac{0,7}{—}$	—	2,94	1,6
лебедка . . . . .	—	—	$\frac{68,0}{70,0}$	—	9,67	6,1
Фрикционы						
правый . . . . .	$\frac{23,1}{17,7}$	$\frac{17,5}{14,4}$	$\frac{47,2}{73,9}$	$\frac{24,6}{17,5}$	25,9	82,2
левый . . . . .	$\frac{31,6}{18,9}$	$\frac{31,6}{24,6}$	$\frac{34,6}{70,0}$	$\frac{20,0}{7,8}$	23,9	62,1

Примечание. В числителе — данные для зимы; в знаменателе — для лета.

цы, устанавливающие взаимосвязь между крутящим моментом и оборотами для двигателя, коробки передач и заднего моста.

На основании корреляционных таблиц на тяговую характеристику нанесены поля изменения средних значений касательной силы тяги, полученных в производственных условиях (рис. 4). Они отражают действительное использование касательной силы тяги в данных эксплуатационных условиях. Здесь же приведено поле реализуемых в эксплуатации значений момента двигателя, наложенное на его внешнюю характеристику, снятую в лаборатории ОТЗ.

Корреляционные таблицы дали возможность оценить среднюю загрузку двигателя по моменту на различных передачах в целом за рейс. Они характеризуются следующими данными: I передача — 0,41; II — 0,64, III — 0,54, IV — 0,62.

Коэффициент возможного возрастания крутящего момента, полученный при испытаниях, находится в пределах 1,68—2,18. Следовательно, запас крутящего момента на каждой передаче позволяет преодолевать временно возрастающие силы сопротивления.

Использование механизмов силовой передачи по фазам трелевки характеризуется данными табл. 2, из которых следует, что продолжительность работы сцепления невелика и составляет 5,03 %.

На протяжении примерно 60 % машинного времени используется третья передача, на которой в основном совершаются холостой и грузовой ходы в летних и зимних условиях. На маневрах и в тяжелых дорожных условиях грузового хода тракторы работают на первой и второй передачах. Четвертая передача используется незначительно в зимних условиях. Продолжительность работы бортовых фрикционов составляет около 50 % машинного времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление. Физматгиз, 1961.  
[2]. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. Изд. ВЗЛТИ, 1952. [3]. Отчет НИСа ЛТА № 1203, 1963. [4]. Отчет по госиспытаниям трактора ТДТ-55. ОТЗ, 1963. [5]. Ю. И. Стахеев. Аппаратура и методика измерения нагрузочных режимов лесохозяйственных агрегатов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1964.

---

Поступила в редакцию  
4 февраля 1966 г.

УДК 625.75 : 634.0.892.6

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ СМОЛЫ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

*Н. Г. КОРЧУНОВ, А. И. БАРАНОВ, Э. О. САЛМИНЕН*

(Ленинградская лесотехническая академия)

Поисковые лабораторно-теоретические работы, выполненные кафедрой сухопутного транспорта леса и дорожной группой лаборатории по проблемам механизации лесозаготовок, позволили установить принципиальную возможность укрепления местных грунтов древесными смолами (ДС) для целей дорожного строительства в лесу [1], [3], [4]. Однако прочность и водостойчивость смолгрунта была недостаточной.

Анализ теоретических предпосылок и данных лабораторных и опытных исследований позволили предположить, что в древесной смоле нет нужного количества поверхностноактивных веществ (жирных и смоляных кислот), благодаря которым происходят процессы активизации частиц грунта.

В ходе исследований по совершенствованию метода укрепления грунтов ДС было установлено положительное влияние на свойства смолгрунта некоторых активных добавок и, в частности, хлористого кальция, хлорного железа и др. Введение их в грунт резко изменяет реакцию среды с кислой на сильно щелочную [1], [4]. Благодаря этому, происходит коагуляция коллоидно-глинистых частиц грунта, вызывающая уменьшение дисперсности грунта. Этот фактор способствует некоторой нейтрализации отрицательных зарядов грунтовой системы, что приводит к повышению водостойчивости грунта и снижению набухаемости. Уменьшение запаса свободной поверхностной энергии грунтовой системы вызывает снижение поверхностного натяжения на границе минерал — водная пленка, при этом вяжущее (ДС) более активно взаимодействует с грунтовыми частицами и легче вытесняет молекулы воды. В результате улучшается обволакиваемость грунтовых частиц вяжущими, резко увеличивается адсорбция ДС минеральными частицами и, как следствие, повышается прочность и устойчивость смолгрунта против неблагоприятных погодных условий.

Исследование под микроскопом шлифов грунтов, укрепленных древесной смолой с добавкой хлорного железа, подтверждает наличие коагуляции.

Кроме того, активные добавки оказывают влияние и на некоторые составляющие ДС: нейтральные вещества, жирные и смоляные кислоты. При взаимодействии добавок с этими веществами происходят химические процессы, в результате которых образуются трудно растворимые и нерастворимые соединения, а также усиливаются процессы полимеризации.

В 1964—1965 гг. теоретические предпосылки укрепления грунтов комплексным методом (древесная смола + активные добавки) были проверены лабораторными и полевыми исследованиями. В качестве поверхностноактивных веществ (ПАВ) использовали хлорное железо техническое и хлористый кальций, которые повышали прочность и водостойчивость смолгрунта.

В лаборатории были определены оптимальные дозировки активных добавок и вяжущего (для супесчаного грунта 6—8% ДС и 1%  $\text{FeCl}_3$  или  $\text{CaCl}_2$ ), а также прочностные характеристики смологрунта (табл. 1), изучено влияние технологических режимов строительства на свойства смологрунта, разработаны и исследованы конструкции дорожных одежд со смологрунтовыми покрытиями в дорожно-испытательном канале.

Таблица 1

Способ укрепления супесчаного грунта	Прочность образцов, $\text{кг/см}^2$	Модуль упругости, $\text{кг/см}^2$ при $p=5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	Модуль деформации, $\text{кг/см}^2$ при $\lambda_p=0,03$	Коэффициент сцепления, $\text{кг/см}^2$	Угол внутреннего трения, град	Водопоглощение, %
ДС с добавкой хлорного железа (технического)	30,0	2500	950	0,18	36	3,5
ДС с добавкой хлористого кальция	19,0	1900	600	0,15	34	4,0
ДС без добавок	9,0	—	460	—	—	5,5

При исследовании влияния технологии на свойства смологрунта в лаборатории установлены рациональные режимы устройства смологрунтовых покрытий:

а) поверхностноактивные добавки следует вводить в грунт в виде порошка и тщательно перемешивать их с грунтом;

б) древесную смолу необходимо вносить не ранее чем через 2 часа после активных добавок. Температура древесной смолы при этом должна быть около  $60^\circ\text{C}$ ;

в) полученная смесь должна быть уплотнена не позднее чем через 8 час после введения ДС и перемешивания с грунтом;

г) спустя 6—7 дней после уплотнения показатели прочности смологрунтового покрытия достигают расчетных значений; полный срок формирования его три недели.

Указанные технологические режимы были предварительно проверены в дорожно-испытательном канале. На участке, где оптимальные технологические режимы соблюдались, модуль упругости составил 673, а модуль деформации  $390 \text{ кг/см}^2$ , где эти режимы нарушались — соответственно 577 и  $290 \text{ кг/см}^2$ .\*

Для проверки работы смологрунта в производственных условиях, в 1965 г. в Лисинском лесхозе на Рамболовской автодороге было построено 6 опытных участков общим протяжением 700 пог. м с укреплением местного супесчаного грунта ДС с добавками  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{CaCl}_2$ .

В октябре — ноябре 1965 г. на опытных участках автодорог были проведены испытания прочности дорожной одежды с целью сравнения фактических показателей с расчетными и полученными при лабораторных испытаниях. В результате исследований получены зависимости полных и упругих осадок и чаши прогиба дорожной одежды от удельных нагрузок. Во всех конструкциях дорожной одежды не наблюдается линейной зависимости между нагрузками и полными осадками (рис. 1). Для получения более точных данных модули деформации были вычислены с учетом этой нелинейности. Для этого была использована зависимость, предложенная А. К. Бирулей [2],

$$p = A\lambda^n,$$

где  $p$  — удельная нагрузка под штампом,  $\text{кг/см}^2$ ;

$A$  — число твердости,  $\text{кг/см}^2$ ;

\* Покрытия из супесчаного грунта, укрепленного 8% ДС с добавкой 1%  $\text{FeCl}_3$ .

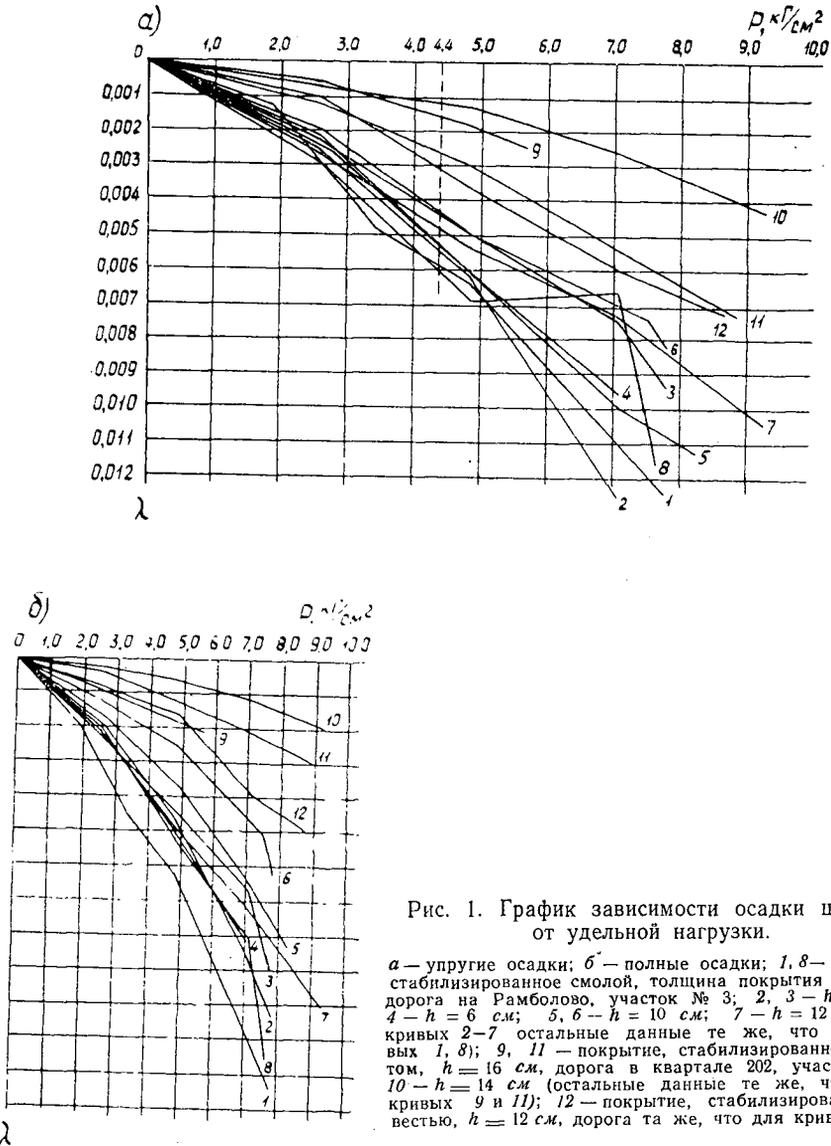


Рис. 1. График зависимости осадки штампа от удельной нагрузки.

*a* — упругие осадки; *б* — полные осадки; 1, 8 — покрытие, стабилизированное смолой, толщина покрытия  $h=5$  см, дорога на Рамболово, участок № 3; 2, 3 —  $h=13$  см; 4 —  $h=6$  см; 5, 6 —  $h=10$  см; 7 —  $h=12$  см (для кривых 2–7 остальные данные те же, что для кривых 1, 8); 9, 11 — покрытие, стабилизированное цементом,  $h=16$  см, дорога в квартале 202, участок № 2; 10 —  $h=14$  см (остальные данные те же, что и для кривых 9 и 11); 12 — покрытие, стабилизированное известью,  $h=12$  см, дорога та же, что для кривых 9–11.

$\lambda$  — полная относительная осадка;  
 $n$  — показатель степени.

Параметры этой зависимости для каждого опыта определяли методом наименьших квадратов [5].

Величину модулей деформации вычисляли при расчетных значениях относительной осадки, которые были приняты согласно техническим условиям Гипролестранса. Зависимость между удельными нагрузками и упругими осадками достаточно точно выражается линейным уравнением, во всяком случае для нагрузок в пределах расчетных (рис. 1, *a*). Поэтому величины модулей упругости вычислены непосредственно по результатам испытаний при расчетных удельных нагрузках. Значения модулей деформации и упругости и фактическая влажность опытных участков в период осенней распутицы приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ участков	Типы конструкций дорожных одежд	Дозировка ДС и ПАВ, % Толщина конструкции, см		Модули, кг/см <sup>2</sup>		Влажность, %			
		основания	покрытия	всего	упругости	деформации	покрытия	основания	земляного полотна
9	Смологрунт по земляному полотну (супесь)	—	$\frac{8\% \text{ ДС} + 1\% \text{ CaCl}_2}{20}$	20	811	350	12	—	12
10	Смологрунт по земляному полотну (супесь)	—	$\frac{8\% \text{ ДС} + 1\% \text{ FeCl}_3}{20}$	20	1270	559	12	—	12
6	Смологрунт по цементогрунту	$\frac{8\% \text{ цемента}}{18}$	$\frac{8\% \text{ ДС} + 1\% \text{ CaCl}_2}{8}$	26	1160	—	11	12	13,7
7	Цементогрунт по смологрунту	$\frac{8\% \text{ ДС} + 1\% \text{ CaCl}_2}{10}$	$\frac{8\% \text{ цемента}}{19}$	29	1090	790	12	8,5	16
8	Цементогрунт по смологрунту	$\frac{8\% \text{ ДС} + 1\% \text{ CaCl}_2}{19}$	$\frac{8\% \text{ цемента}}{10}$	29	872	512	12	8,5	16
5	Цементогрунт по крупнозернистому песку	$\frac{—}{20}$	$\frac{8\% \text{ цемента}}{12}$	32	2780	—	7,5	10,7	9,0

В результате послойных испытаний по номограммам Союздорнии найдена фактическая прочность смологрунта (табл. 3).

Таблица 3

Материал	Модуль, $\text{кг/см}^2$		Коэффициент сцепления, $\text{кг/см}^2$	Угол внутреннего трения, град	Влажность, %
	упругости	деформации			
Смологрунт с добавкой хлорного железа (1%) . . . . .	2370	1800	0,18	36	12
Смологрунт с добавкой хлористого кальция (1%) . . . . .	—	—	0,15	34	12
Смологрунт без добавок поверхностноактивных веществ	612	470	—	—	15,5

В этой же таблице приведены характеристики сдвига (коэффициент сцепления, угол внутреннего трения), определенные на сдвижном приборе Гипропроект в полевых условиях.

Анализируя результаты исследований, мы пришли к следующим выводам.

1. Газогенераторная и сухоперегонная древесные смолы в комплексе с поверхностноактивными добавками с успехом могут быть использованы для укрепления местных грунтов.

2. Наиболее эффективной добавкой является хлорное железо.

3. Прочность дорожной одежды из смологрунта зависит от технологии строительства. Для получения наиболее прочных смологрунтовых покрытий при их устройстве необходимо соблюдать оптимальные технологические режимы.

4. При необходимости строительства магистральных путей с большой грузонапряженностью целесообразно устройство комбинированных конструкций с цементогрунтовым несущим слоем и смологрунтовым покрытием. Такая конструкция позволит в наибольшей степени использовать вязкие и гидрофобные свойства смологрунта и прочность цементогрунта.

5. Ориентировочная стоимость устройства 1 км покрытия из смологрунта, без коврика износа, составляет примерно 8 тыс. руб.

Работы по исследованию необходимо продолжать в направлении изыскания наиболее эффективных методов укрепления суглинистых и глинистых грунтов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Безрук. Укрепление грунтов. Изд-во «Транспорт», М., 1965.  
 [2]. А. К. Бируля, В. Д. Зинченко. О применимости модуля деформации для характеристики механических свойств дорожных одежд. Сб. «Определение модуля деформации грунтов», Автотрансиздат, 1955. [3]. Н. Г. Корчунов, Н. С. Колбас. Опыт строительства лесных автодорог из стабилизированных грунтов. Сборник статей по обмену производственно-техническим опытом по лесному хозяйству, лесной промышленности и лесосплаву. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [4]. Отчет НИСа ЛТА по теме 0705 раздел «б» за 1964—1965 гг. [5]. И. И. Черкасов. Механические свойства грунтовых оснований. Автотрансиздат, 1958.

Поступила в редакцию  
12 ноября 1966 г.

УДК 634.0.865

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ  
ИЗ СТРУЖКИ И ОПИЛОК ЛИСТВЕННИЦЫ

А. Г. ЗЫЛЕВ, В. Н. ПЕТРИ

(Уральский лесотехнический институт)

В Проблемной лаборатории УЛТИ проведены экспериментальные исследования для выяснения связи влажности с некоторыми технологическими свойствами лигноуглеводных древесных пластиков из стружки и опилок лиственницы.

Плиты для опытов ( $1000 \times 1800 \times 10$  мм) изготовляли при давлении  $25 \text{ кг/см}^2$ , температуре плит пресса  $170^\circ\text{C}$  и влажности стружки 22,5% и опилок 24%. Плотность (в комнатных условиях) подвергнутых испытаниям материалов:  $1,14 \text{ г/см}^3$  — для пластиков из стружки,  $1,15 \text{ г/см}^3$  — для пластиков из опилок,  $0,70 \text{ г/см}^3$  — для древесины лиственницы. Все испытываемые образцы кондиционировали при  $25^\circ\text{C}$  в специально построенной камере (с автоматическим регулированием температурно-влажностных режимов) по многоступенчатому влажностному режиму с относительной влажностью в последней ступени 15%. После окончания кондиционирования образцы укладывали в равных количествах в шесть малых камер с автоматическим регулированием режимов. В этих камерах были установлены относительные влажности воздуха 20, 30, 40, 50, 60, 80 и 98% при температуре  $25^\circ\text{C}$ ; образцы доводили до равновесной влажности, после чего их испытывали. Все экспериментальные данные обработаны методами вариационной статистики; принятое количество образцов обеспечило достоверные результаты.

Исследованиями установлена зависимость равновесной влажности пластиков из стружки и опилок лиственницы от относительной влажности воздуха (рис. 1). Для сравнения показаны кривые равновесной влажности древесины, не подвергавшейся действию повышенной температуры (по Н. Н. Чулицкому) [2] и высушенной в среде перегретого пара при  $t_c = 120^\circ\text{C}$  (по П. И. Ананьину и В. Н. Петри [1]). При температуре  $25^\circ\text{C}$  и полном насыщении воздуха паром пластики из стружки достигают влажности 15%, а из опилок — 13,5%; при этом нормальная влажность (при комнатных условиях) у пластиков из стружки оказалась равной 8%, у пластиков из опилок — 6,5%. Для приведения показателей свойств пластиков с любой влажностью в момент испытаний к показателям с нормальной влажностью рекомендуется формула

$$\sigma_{8(6,5)} = k_{c(0)} \sigma_W$$

где  $\sigma_{8(6,5)}$  — показатель свойства, приведенный к показателям при нормальной 8%-ной влажности пластика из стружки или 6,5%-ной влажности пластика из опилок;

$\sigma_W$  — показатель свойства при влажности пластика  $W$  в момент испытаний;

$k_{c(0)}$  — пересчетные коэффициенты показателей свойств для пластиков из стружки ( $k_c$ ) или из опилок ( $k_o$ ) (приведены в табл. 1).

Таблица 1

Значения пересчетных коэффициентов для приведения показателей технологических свойств лигноуглеводных древесных пластиков при данной влажности к их показателям при нормальной стандартной влажности

Влажность пластика W, %	Пересчетные коэффициенты (к 8%-ной влажности для пластика из лиственничной стружки и 6,5%-ной для пластика из опилок)					
	для износостойкости по толщине пластика	для износостойкости по весу пластика	для удельного сопротивления выдергиванию гвоздей из пласти пластика	для удельного сопротивления выдергиванию гвоздей из кромки пластика	для удельного сопротивления выдергиванию шурупов из пласти пластика	для удельного сопротивления выдергиванию шурупов из кромки пластика
3	$\frac{0,93}{0,58}$	$\frac{0,94}{0,69}$	$\frac{0,86}{0,82}$	$\frac{0,63}{0,39}$	$\frac{0,84}{—}$	$\frac{0,68}{—}$
4	$\frac{0,94}{0,92}$	$\frac{0,95}{0,92}$	$\frac{0,89}{0,87}$	$\frac{0,68}{0,50}$	$\frac{0,87}{0,79}$	$\frac{0,73}{0,66}$
5	$\frac{0,96}{0,98}$	$\frac{0,96}{0,98}$	$\frac{0,91}{0,91}$	$\frac{0,74}{0,70}$	$\frac{0,90}{0,93}$	$\frac{0,79}{0,86}$
6	$\frac{0,97}{1,00}$	$\frac{0,97}{1,00}$	$\frac{0,93}{0,97}$	$\frac{0,82}{0,87}$	$\frac{0,93}{0,98}$	$\frac{0,85}{0,95}$
6,5	$\frac{0,98}{1,00}$	$\frac{0,98}{1,00}$	$\frac{0,95}{1,00}$	$\frac{0,86}{1,00}$	$\frac{0,95}{1,00}$	$\frac{0,89}{1,00}$
7	$\frac{0,99}{1,00}$	$\frac{0,99}{1,00}$	$\frac{0,97}{1,02}$	$\frac{0,90}{1,09}$	$\frac{0,97}{1,03}$	$\frac{0,92}{1,02}$
8	$\frac{1,00}{1,02}$	$\frac{1,00}{1,02}$	$\frac{1,00}{1,09}$	$\frac{1,00}{1,16}$	$\frac{1,00}{1,08}$	$\frac{1,00}{1,08}$
9	$\frac{1,01}{1,02}$	$\frac{1,00}{1,02}$	$\frac{1,04}{1,18}$	$\frac{1,10}{1,20}$	$\frac{1,04}{1,14}$	$\frac{1,05}{1,17}$
10	$\frac{1,03}{1,04}$	$\frac{1,02}{1,02}$	$\frac{1,09}{1,28}$	$\frac{1,24}{1,25}$	$\frac{1,06}{1,17}$	$\frac{1,12}{1,25}$
11	$\frac{1,04}{1,06}$	$\frac{1,02}{1,05}$	$\frac{1,14}{1,39}$	$\frac{1,44}{1,29}$	$\frac{1,10}{1,22}$	$\frac{1,21}{1,38}$
12	$\frac{1,04}{1,08}$	$\frac{1,02}{1,05}$	$\frac{1,19}{1,45}$	$\frac{1,60}{1,34}$	$\frac{1,13}{1,26}$	$\frac{1,29}{1,50}$
13	$\frac{1,04}{1,08}$	$\frac{1,02}{1,07}$	$\frac{1,26}{1,69}$	$\frac{1,79}{1,40}$	$\frac{1,16}{1,30}$	$\frac{1,35}{1,62}$
13,5	$\frac{1,04}{1,10}$	$\frac{1,02}{1,07}$	$\frac{1,29}{1,75}$	$\frac{1,95}{1,45}$	$\frac{1,18}{1,31}$	$\frac{1,38}{1,72}$
14	$\frac{1,04}{—}$	$\frac{1,02}{—}$	$\frac{1,33}{—}$	$\frac{2,25}{—}$	$\frac{1,19}{—}$	$\frac{1,42}{—}$
15	$\frac{1,04}{—}$	$\frac{1,02}{—}$	$\frac{1,39}{—}$	$\frac{2,56}{—}$	$\frac{1,22}{—}$	$\frac{1,45}{—}$

Примечание. В числителе данные для пластика из стружки, в знаменателе — для пластика из опилок.

Все кривые зависимости свойств пластиков от их влажности описаны уравнениями. Как видно из рис. 2, 3, 4, при увеличении влажности технологические показатели снижаются. На рис. 2 показана зависимость износостойкости от влажности пластиков. Этот показатель имеет большое значение, например, при использовании пластиков для устройства пола. Поэтому испытания на износостойкость имитировали движение подошвы обуви при ходьбе. Образцы стирали стандартным песком под нагрузкой, соответствующей среднему весу человека. Показатели

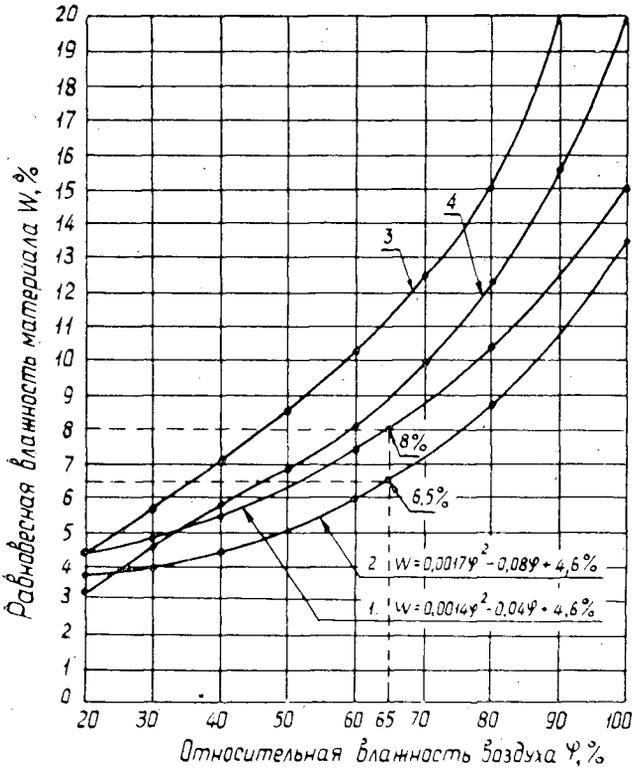


Рис. 1.

1 — лигноуглеводный древесный пластик из лиственничной стружки;  
 2 — то же из лиственничных опилок; 3 — древесина (по диаграмме  
 Н. А. Чулицкого); 4 — древесина после высокотемпературной  
 сушки при  $t_c = 120^\circ \text{C}$  по П. И. Ананьину и В. Н. Петри.

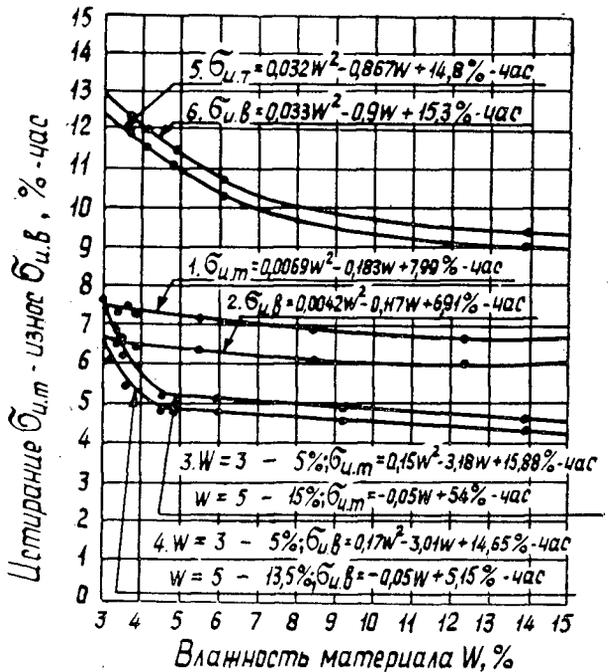


Рис. 2.

1 — пластик из лиственничной стружки (по толщине); 2 — то же (по весу); 3 — пластик из лиственничных опилок (по толщине); 4 — то же (по весу); 5 — древесина лиственницы (по толщине); 6 — то же (по весу).

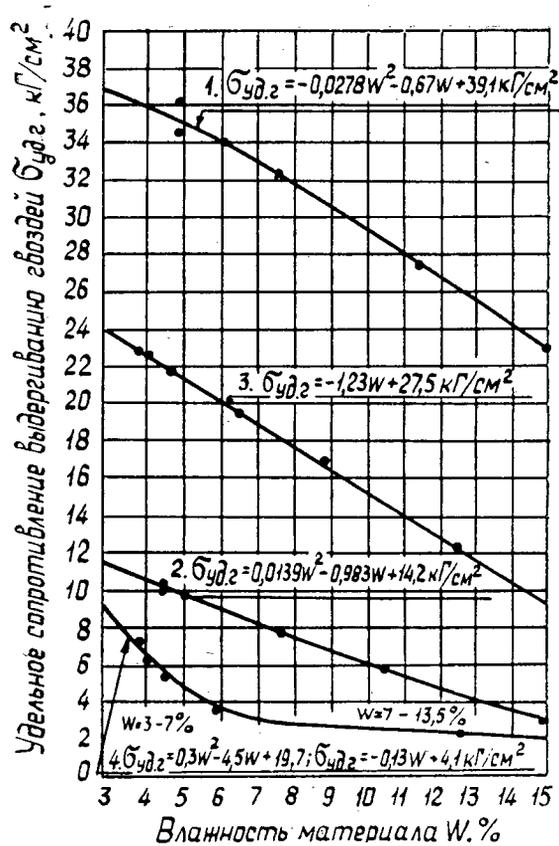


Рис. 3.

1 — пластик из лиственничной стружки (пласть);  
2 — то же (кромка); 3 — пластик из листвен-  
ничных опилок (пласть); 4 — то же (кромка).

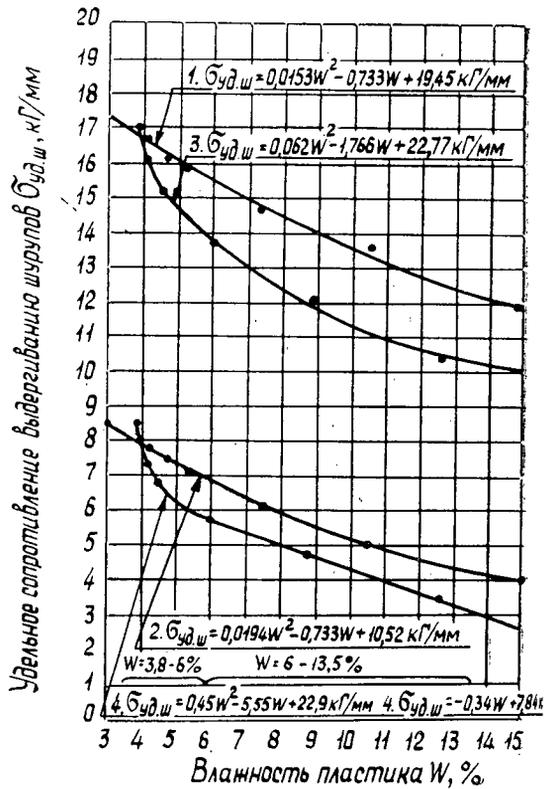


Рис. 4.

Обозначения см. на рис. 3.

истирания — износа определяли по толщине и весу; для сравнения образцы из древесины лиственницы подвергали истиранию — износу в тангенциальном направлении (50% — вдоль и 50% — поперек волокон).

На рис. 3 показана зависимость удельных сопротивлений выдергиванию гвоздей из лигноуглеводных древесных пластиков от их влажности. На рис. 4 показаны зависимости удельных сопротивлений выдергиванию шурупов из лигноуглеводных древесных пластиков от их влажности. Таким образом, показатели технологических свойств лигноуглеводных древесных пластиков при увеличении влажности снижаются. Равновесная влажность лигноуглеводных древесных пластиков при любой относительной влажности воздуха ниже, чем плит на связующих и древесины. Высокие технологические свойства лигноуглеводных древесных пластиков позволяют широко использовать их в различных конструкциях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Ананьин, В. Н. Петри. Влияние высокотемпературной сушки древесины на ее механические свойства. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1960. [2]. Л. М. Перельгин. Древесиноведение. М., 1963.

УДК 632.615.778

## О ПРИМЕНИМОСТИ ПРОБИТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ АНТИСЕПТИКОВ НА ДРЕВЕСИНЕ

Д. А. БЕЛЕНКОВ

(Уральский лесотехнический институт)

Многочисленные опыты, проведенные по методике, основанной на определении вероятностей защиты древесины\*, показали, что распределение этих вероятностей, характеризующее чувствительность дерево-разрушающего гриба, с увеличением содержания яда в древесине принимает S-образную форму, сходную с «кривыми смертности» или «кривыми эффекта» в фармакологии.

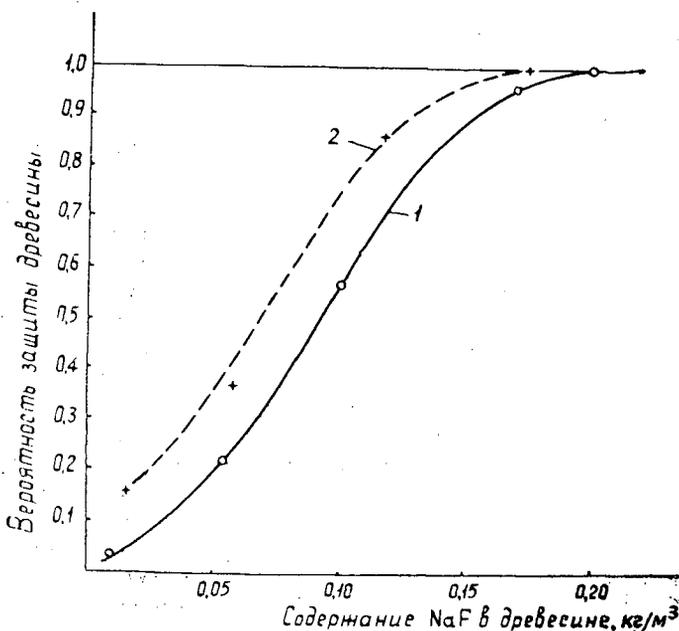


Рис. 1. Вероятности защиты древесины заболони сосны от разрушения пленчатым домовым грибом при различном содержании фтористого натрия.

На рис. 1 приведены результаты определения токсичности фтористого натрия для пленчатого домового гриба по вероятности защиты древесины от разрушения, полученные по описанной ранее методике\* (кривая 1). График построен на основе учета шести тысяч наблюдений

\* Д. А. Беленков. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966.

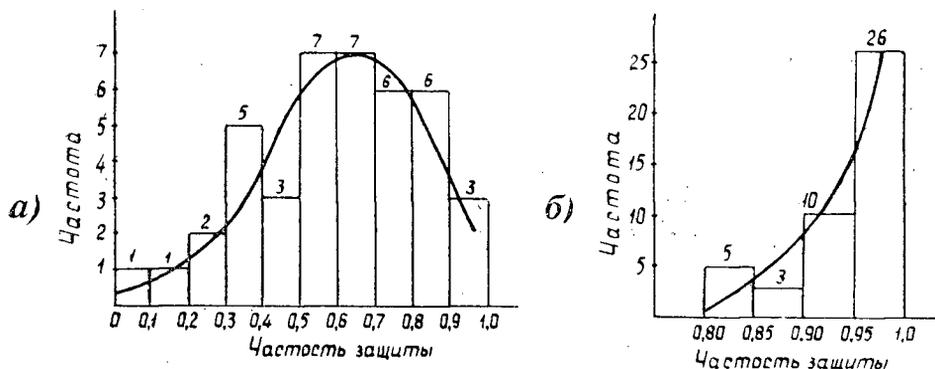


Рис. 2. Изменчивость реакции пленчатого домового гриба при различных уровнях защиты древесины фтористым натрием.

а — содержание  $\text{NaF}$  — 0,10 кг/м<sup>3</sup>, уровень защиты около 60%;

б — содержание  $\text{NaF}$  — 0,16 кг/м<sup>3</sup>, уровень защиты около 95%.

взаимодействия пленчатого домового гриба с древесиной, содержащей различные количества фтористого натрия. Такое количество наблюдений обеспечило отличное совпадение опытных точек с кривой.

Взаимодействие пленчатого домового гриба с древесиной, содержащей различные количества фтористого натрия, очень хорошо описывается S-образной кривой, внешне сходной с интегральной функцией нормального распределения. Следовательно, при испытании антисептиков могут быть применены различные методы пробит-анализа.

На разных уровнях защиты древесины изменчивость реакции гриба неодинакова. Как и следовало ожидать, при средних уровнях защиты изменчивость имеет большие значения и близка к симметричной, при высоких (а возможно, и при низких) уровнях изменчивость меньше и резко асимметрична. Это видно из графиков (рис. 2), построенных по данным, приведенным в ранее опубликованной работе автора\*.

Для выявления общего характера действия яда на гриб испытания антисептиков достаточно проводить по ранее описанной методике, но при этом нужно несколько изменить количество образцов и их размещение по колбам. Одновременно испытывают пять концентраций яда. Испытание одного антисептика следует проводить в десяти колбах, в каждую из них устанавливают по десять образцов от каждой концентрации, то есть в одной колбе испытывают 50 образцов. Их нужно устанавливать на хорошо разросшиеся культуры гриба равномерно, без касания. Выбор количества колб и образцов может быть и иным; при его увеличении повышается точность получаемых результатов. Предлагаемое размещение образцов по колбам предусматривает учет изменчивости реакции отдельных участков мицелия в одной колбе (десять образцов) и учет изменчивости реакции гриба в разных колбах (десять групп образцов).

Таким образом, действие каждой концентрации яда на гриб можно оценить по результату учета реакции его на ста образцах, испытанных во всех десяти колбах.

По этой методике нами исследована токсичность для пленчатого домового гриба фтористого, хлористого и кремнефтористого натрия, медного купороса, хлористого цинка, фтористого аммония и пентабората аммония. Результаты приведены в табл. 1.

\* Д. А. Беленков. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966.

Таблица 1

Антисептик	Содержание антисептика, $кг/м^3$					Вероятность защиты древесины
	0,015	0,029	0,058	0,117	0,175	
Фтористый натрий . . . . .	0,16	0,31	0,37	0,86	1,00	—
Фтористый аммоний (1 серия испытаний) . . . . .	0,083 0,73	0,166 1,00	0,332 1,00	—	—	—
Фтористый аммоний (2 серия испытаний) . . . . .	0,011 0,44	0,022 0,44	0,045 0,60	0,09 0,71	0,18 0,99	—
Кремнефтористый натрий	0,037 0,50	0,075 0,74	0,112 0,98	0,15 1,00	0,187 0,99	—
Медный купорос . . . . .	1,17 0,11	2,34 0,14	3,51 0,43	4,68 0,79	—	—
Хлористый натрий . . . . .	0,007 0,13	0,072 0,30	0,722 0,63	3,608 0,74	7,216 0,91	—
Хлористый цинк . . . . .	0,153 0,33	0,306 0,35	0,612 0,57	—	—	—
Пентаборат аммония . . . . .	0,16 0,02	0,32 0,33	0,64 0,90	1,28 1,00	2,56 1,00	5,13 1,00

Полные кривые действия получены не для всех препаратов, однако для большинства из них установлены уровни перехода от неполной к практически полной защите древесины от разрушения пленчатым домовым грибом.

Результаты испытания фтористого натрия по данной методике графически изображены на рис. 1 (кривая 2).

Из рис. 1 видно, что изменение реакции пленчатого домового гриба на древесине, содержащей различные количества фтористого натрия, хорошо описывается S-образной кривой, сходной с интегральной функцией нормального распределения. Аналогичные графики получаются и при испытании других антисептиков. Такой характер кривой еще раз свидетельствует о том, что при испытании антисептиков на древесине могут быть применены различные методы пробит-анализа.

На рис. 3 приведены пробитированные кривые действия фтористого натрия. Так как в нашем случае кривая действия симметрична и не растягнута, то не было необходимости логарифмировать ось абсцисс.

Из рис. 3 видно, что использование нормального распределения как модели для преобразования кривой действия фтористого натрия позволяет получать прямолинейные графики. По ним легко можно найти различные уровни защиты древесины, а также оценить изменчивость реакции дереворазрушающего гриба путем вычисления средней дозы и среднего квадратического отклонения по известным приемам пробит-анализа.

По пробитированному графику (рис. 3) находят количество фтористого натрия, необходимое для защиты древесины заболони сосны от разрушения пленчатым домовым грибом в 95% случаев. Оно равно  $0,168 \text{ кг/м}^3$ . При определении данного уровня защиты по предлагаемой в нашей работе методике это количество оказалось равным  $0,136 \text{ кг/м}^3$ , то есть на  $0,032 \text{ кг/м}^3$  меньше. Это объясняется тем, что в последнем случае было испытано сравнительно небольшое количество образцов.

Таким образом, предлагаемый метод дает общую картину защиты древесины тем или иным антисептиком от воздействия дереворазрушающего гриба и позволяет определить то количество яда, которое

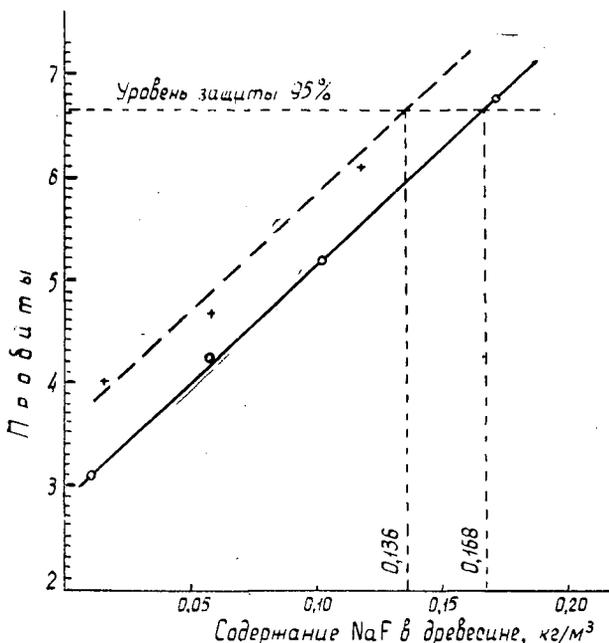


Рис. 3.

следует выбрать для более детального исследования по ранее приведенной методике\*.

Кроме описанной схемы испытания антисептиков, эксперимент может быть проведен на том же количестве опытного материала с двумя количествами яда. В этом случае оценка действия каждого варианта содержания яда в древесине более надежна, так как образцов будет испытано в два с половиной раза больше. Однако такой прием можно использовать, когда есть основания предполагать, что выбранные дозы будут находиться по обе стороны средней величины и их эффективность не будет значительно отличаться от 16 и 84%.

В связи с тем, что изменчивость реакции гриба на древесине, содержащей яд, значительна, оценку токсичности антисептиков следует вести последовательно. Первоначально ее находят по методу пробит-анализа, а затем (установив общий характер изменения токсичности антисептика) более точно определяют токсичность антисептика на высоком уровне защиты древесины по ранее описанному методу\*\*.

\* Д. А. Беленков. Метод оценки токсичности антисептиков по вероятности защиты древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1966.

\*\* Д. А. Беленков. К обоснованию наиболее выгодного уровня вероятности защиты древесины для оценки токсичности антисептиков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966.

УДК 674.812

**ТРЕНИЕ ВТУЛОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ  
МЕТОДОМ ВЫДАВЛИВАНИЯ ИЗ ПРЕССКОМПОЗИЦИИ  
НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

**В. В. ЯНОВ**

(Ленинградская лесотехническая академия)

Один из высокопроизводительных методов производства прессованных изделий — способ непрерывного прессования выдавливанием, заключающийся в последовательном уплотнении и проталкивании прессмассы через обогреваемый канал прессформы. При этом прессмасса уплотняется в результате пластической и упругой деформации составляющих ее частиц, их дробления и относительного перемещения. При прохождении прессмассы через канал различается три ее состояния: в загрузочной камере имеет место свободное состояние частиц; на первом участке прессования происходит уплотнение массы; на втором участке — термическая обработка и дальнейшее уплотнение прессмассы при совместном действии температуры и давления.

Для получения изделий необходимой плотности (объемный вес 1,3—1,35 г/см<sup>3</sup>) нужно, чтобы суммарное усилие (от нормального давления и сил трения) на прессуемый элемент было вполне достаточным. Для этого в конструкции прессформы предусматривается тормозная гайка и конусный участок уплотнения. Прессование методом выдавливания производят на горизонтальных гидравлических прессах типа П-603. Втулки, изготовленные из древесной прессмассы методом выдавливания, отличаются наряду с высокими физико-механическими показателями (табл. 1) хорошими антифрикционными свойствами.

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Заготовки на основе крупной фракции древесных отходов (проходящей через сито с размером отверстия 10 мм и остающейся на сите с размером отверстия 7 мм)	Заготовки на основе мелкой фракции древесных отходов (проходящей через сито с размером отверстия 1 мм и остающейся на сите с размером отверстия 0,5 мм)	Втулки на основе стандартной пресскрошки ВТУ 122 Лесбумпрома*
Объемный вес . . . . .	г/см <sup>3</sup>	1,26	1,33	1,3—1,34
Водопоглощение за 24 часа . . . . .	г/дм <sup>2</sup>	1,11	1,03	0,4—0,86
Кислотостойкость . . . . .	%	0,42	0,37	—
Маслостойкость . . . . .		0,45	0,04	—
Предел прочности на сжатие . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	1400	1867	1015—1490
"    "    на статический изгиб . . . . .	"	480	230	335—875
Временное сопротивление срезу . . . . .		423	492	—
Удельная ударная вязкость . . . . .	кгсм/см <sup>2</sup>	—	5,2	4—15

\* По данным ЦНИИФа. Справочник фанерщика, т. 2, Гослесбумиздат, 1959, стр. 319.

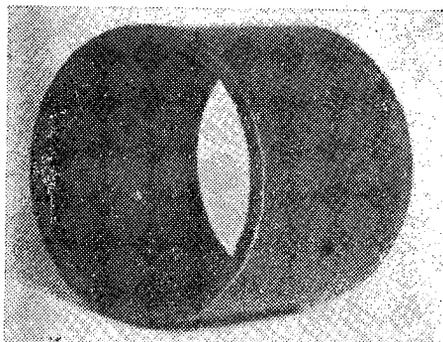


Рис. 1. Образец втулки для испытаний на машине ВК-1.

смола № 18 — 87, уротропин — 10, известь (пушенка) — 3 вес. части).

В лабораторных условиях компоненты смешивали в мешалке ЛМ. Трубную заготовку диаметром 114 мм прессовали на производственной установке (пресс П-603) по следующему режиму: температура в начальной зоне 140—150°С, в устье прессформы — 160—170°С; удельное давление 300—500 кг/см<sup>2</sup>\*; скорость прессования 5—30 см/мин\*\*

Образцы для испытаний (рис. 1) изготавливали из трубной заготовки (с наружным диаметром 114 мм) путем токарной обработки. Размеры образцов: номинальный внутренний диаметр 100 мм, длина 100 мм, толщина стенки 6,5 мм. Диаметральный зазор 0,3—0,45 мм.

Внутренний диаметр обрабатывали в обойме в запрессованном состоянии. Втулки запрессовывали в обойму по напряженной посадке по II классу точности и испытывали на машине трения ВК-1 (рис. 2) в диапазоне удельной работы трения от 3 до 150 кгм/см<sup>2</sup>сек в условиях граничного и полужидкостного трения при смазке машинным маслом (веретенным № 3) и водой. Каждую испытываемую пару соответствующим образом подготавливали. Поверхности трения очищали от загрязнений и притирали. Период приработки определялся временем стабилизации температуры и момента трения и составлял в среднем 6—8 час.

Результаты исследований коэффициента трения втулок при капельной смазке машинным маслом (веретенным № 3) приведены на рис. 3 и 5, при смазке водой — на рис. 4 и 6. Как видно из графиков, с увеличением скорости скольжения коэффициент трения падает при смазке водой и возрастает при смазке маслом. Относительная величина коэффициента трения в первом случае несколько выше и снижается в обоих случаях при увеличении удельного давления. Грузоподъемность подшипника выше при смазке маслом. Характер кривых (рис. 3, 4, 5, 6) позволяет оценить зависимость коэффициента трения от скорости скольжения уравнением степенной функции

$$y = ax^b,$$

а зависимость коэффициента трения от удельного давления — уравнением гиперболы типа

$$y = \frac{x}{a + bx} + c.$$

\* Нижний предел (300 кг/см<sup>2</sup>) принят при прессовании изделий из пресскрошки на основе мелкой фракции отходов; верхний предел (500 кг/см<sup>2</sup>) — при прессовании изделий на основе крупной фракции отходов.

\*\* Регулируется в зависимости от состава пресскомпозиции, диаметра и толщины стенки заготовки.

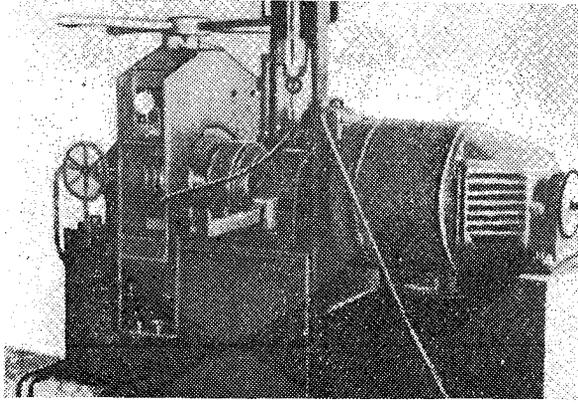


Рис. 2.

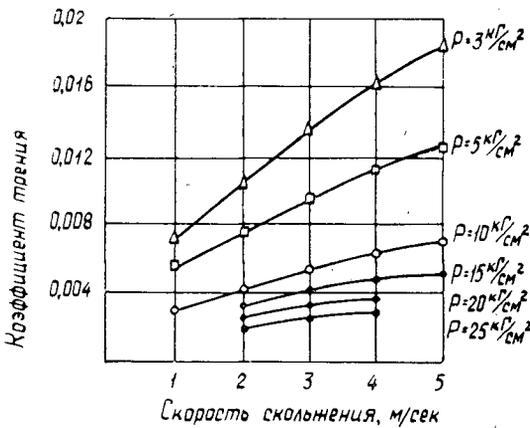


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения и удельного давления при смазке машинным маслом (веретенным № 3).

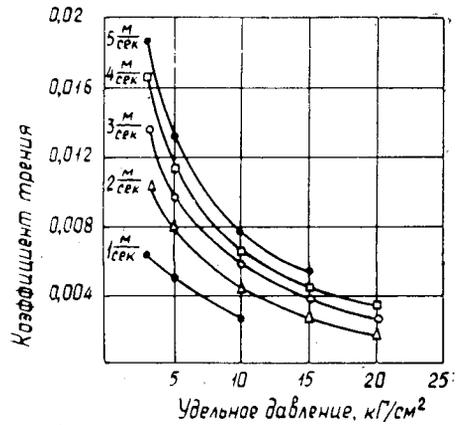


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения от удельного давления и скорости скольжения при смазке машинным маслом (веретенным № 3).

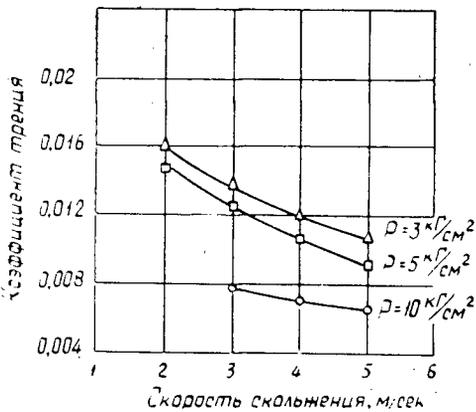


Рис. 4. То же при смазке водой.

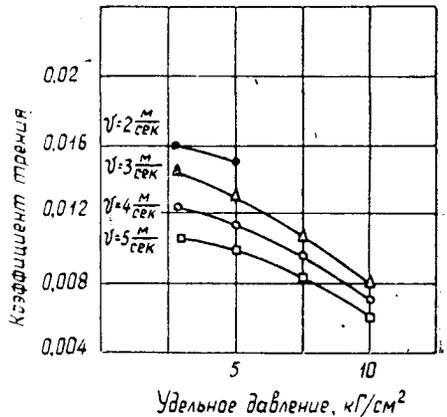


Рис. 6. То же при смазке водой.

В табл. 2 приведены эмпирические выражения зависимости коэффициента трения от скорости скольжения и удельного давления.

Таблица 2

Пределы изменения переменных		Уравнения связи
удельное давление, кг/см <sup>2</sup>	скорость скольжения, м/сек	

## При смазке маслом (веретенным № 3)

3	1—5	$f = 0,00687 \cdot V^{0,6303}$
5	1—5	$f = 0,005404 \cdot V^{0,537}$
10	1—5	$f = 0,00298 \cdot V^{0,564}$
15	2—5	$f = 0,00207 \cdot V^{0,568}$
20	2—4	$f = 0,001988 \cdot V^{0,387}$
25	2—4	$f = 0,001677 \cdot V^{0,466}$

## При смазке водой

3	2—5	$f = 0,02221 \cdot V^{-0,441}$
5	2—5	$f = 0,02337 \cdot V^{-0,577}$
10	3—5	$f = 0,01117 \cdot V^{-0,355}$

## При смазке маслом (веретенным № 3)

3—10	1	$f = \frac{P-3}{-750-100P} + 0,007$
3—25	2	$f = \frac{P-3}{-38,1-105,75P} + 0,0106$
3—25	3	$f = \frac{P-3}{-133,5-76P} + 0,0135$
3—25	4	$f = \frac{P-3}{-91,5-62P} + 0,0164$
3—15	5	$f = \frac{P-3}{-50-55P} + 0,019$

## При смазке водой

3—10	3	$f = \frac{P-3}{-2239+114,6P} + 0,014$
3—10	4	$f = \frac{P-3}{-1154-19,2P} + 0,012$
3—10	5	$f = \frac{P-3}{-916-57,6P} + 0,011$

Величина приведенных коэффициентов трения втулок в паре со сталью (СТ-45) при полужидкостном трении находится в пределах 0,0033—0,019 в условиях смазки маслом (веретенным № 3) и 0,007—0,016 в условиях смазки водой.

УДК 674.031.32

## К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЕЙ ПРИ ИХ СОРТОИСПЫТАНИИ

*Е. И. ХОМЕНКО*

(УкрНИИМОД)

Мы предлагаем ускоренный метод отбора тополей на основе предполагаемых физико-механических свойств их древесины (в пятилетнем возрасте) по результатам испытаний. Этот метод основан на следующих предположениях: 1) возраст технической спелости древесины у всех видов тополей, при прочих равных условиях, одинаков и составляет 25—30 лет; 2) с увеличением возраста от 5 до 30 лет физико-механические свойства древесины тополей изменяются по определенной закономерности, общей для всех видов и гибридов тополей.

Таким образом, достаточно выявить закономерность изменения физико-механических свойств древесины от возраста на одном из аборигенных видов или гибридов тополей; определив основные показатели физико-механических свойств сортоиспытываемых 5-летних тополей и распространив на них выявленную динамику изменения от возраста, можно определить предполагаемые физико-механические свойства древесины того или иного гибрида в возрасте технической спелости.

Для проведения испытаний сотрудниками УкрНИИМОДа совместно с учеными УкрНИИЛХа в условиях влажной дубравы была заготовлена (в Роменском лесхозаге Сумской области) древесина европейско-американского майского тополя 6, 10, 16, 20 и 27 лет. Пробные площади закладывали и модельные деревья выбирали по ГОСТу 11483—65.

Из каждого модельного дерева, начиная от шейки корня, последовательно вырезали метровые отрезки до минимального диаметра их в верхнем отрубе 6 см. Торцы отрезков маркировали. Из всех этих отрезков были выпилены середовые доски (толщиной 30 мм) по направлению двух взаимно перпендикулярных диаметров и уложены на 3 недели в штабель для просушки в сухом отапливаемом помещении. За это время влажность древесины достигла 12—15% абс.; затем доски были разделаны на рейки, последние гладко простроганы (на фуговальной станке) с четырех сторон до сечения 20×20 мм с выверкой под плоскость и в угол.

На каждую рейку наносили маркировку соответствующего метрового отрезка (с указанием номера рейки от периферии к центру) и последовательно вырезали по два образца без дефектов для определения плотности древесины (по ГОСТу 11491—65); коэффициентов радиальной, тангентальной и объемной усушки (по ГОСТу 11490—65); пределов прочности при сжатии вдоль и поперек волокон в радиальном и тангентальном направлениях (по ГОСТу 11492—65); предела прочности при статическом изгибе (по ГОСТу 11494—65).

Древесину девяти наиболее продуктивных пятилетних гибридных тополей (сортоиспытываемых в УкрНИИЛХе) испытывали по этой методике. После испытаний определяли влажность всех образцов (весовым методом); результаты пересчитывали на влажность 15% абс.

Условная маркировка	Вид тополя и гибрид или их происхождение	Возраст, лет	Размер деревьев		Физико-
			диаметр, см	высота, м	плотность, кг/м <sup>3</sup>
Е-6	Евроамериканский майский . . .	6	12	10	424
Е-10	" . . .	10	15	16	424
Е-16	" . . .	16	21	21	400
Е-20	" . . .	20	25	24	409
Е-27	" . . .	27	30	25	415
I	Канадский × бальзамический . . .	5	10	10	420
II	Краснонервный . . . . .	5	11	10	468
III	Русский . . . . .	5	10	10	360
IV	Бальзамический × лавролистный .	5	9	9	353
V	№ 155 . . . . .	5	9	9	394
VI	Евроамериканский майский . . .	5	11	9	436
VII	Полтавский № 1 . . . . .	5	10	11	385
VIII	Грациозный . . . . .	5	7	10	392
IX	Канадский × лавролистный . . . .	5	9	9	406

Примечание. В числителе приведены показатели, полученные при испытаниях

Полученные материалы обработаны методом вариационной статистики. На основании результатов испытаний, приведенных в табл. 1, построены графики, отражающие закономерность изменения физико-механических свойств древесины евроамериканского майского тополя с возрастом; применив метод наименьших квадратов, мы составили уравнения для определения предполагаемых коэффициентов усушки древесины тополя любого возраста до 25 лет по результатам соответствующих испытаний 5-летних тополей для радиальной усушки

$$K_{p,y}^T = K_{p,y}^5 - 0,00026T^2 + 0,01121T - 0,07; \quad (1)$$

для тангентальной

$$K_{t,y}^T = K_{t,y}^5 - 0,00038T^2 + 0,0165T - 0,079; \quad (2)$$

для объемной

$$K_{o,y}^T = K_{o,y}^5 - 0,00057T^2 + 0,0255T - 0,123. \quad (3)$$

В этих уравнениях

$K_{p,y}^T$ ;  $K_{t,y}^T$ ;  $K_{o,y}^T$  — искомые коэффициенты усушки 5—25-летних тополей;

Таблица 1

механические свойства тополей			пределы прочности, кг/см <sup>2</sup>			
коэффициент усушки, %			при сжатии			при статическом изгибе
радиальный	тангентальный	объемный	вдоль волокон	в радиальном направлении	в тангентальном направлении	
0,09	0,22	0,35	229	50	32	431
0,10	0,25	0,40	276	43	30	500
0,13	0,27	0,44	259	35	26	503
0,13	0,29	0,45	261	30	20	524
0,14	0,30	0,49	290	28	19	588
0,11	0,25	0,40	288	35	30	452
0,15	0,34	0,55	343	18	18	594
0,10	0,24	0,40	245	59	40	460
0,14	0,33	0,55	300	42	28	602
0,09	0,24	0,38	219	37	29	408
0,13	0,33	0,53	274	20	17	550
0,10	0,20	0,35	174	24	19	303
0,14	0,29	0,50	229	7	7	445
0,14	0,21	0,38	206	28	22	378
0,18	0,30	0,53	267	11	10	520
0,11	0,24	0,37	228	49	32	457
0,15	0,33	0,52	283	32	20	599
0,12	0,19	0,36	217	40	29	443
0,16	0,28	0,51	272	23	17	585
0,08	0,20	0,33	230	40	28	472
0,12	0,29	0,48	285	23	16	614
0,09	0,24	0,35	211	36	22	437
0,13	0,33	0,50	266	19	10	579

5-летних тополей, в знаменателе — предполагаемые показатели 25-летних.

$K_{p,y}^5$ ;  $K_{т,y}^5$ ;  $K_{o,y}^5$  — коэффициенты усушки, полученные при испытаниях 5-летних тополей;

$T$  — возраст дерева.

На основании испытаний 5-летних гибридных тополей составлены уравнения для предела прочности их древесины при статическом изгибе

$$\sigma_{изг}^T = \sigma_{изг}^5 + 7,25T - 41; \quad (4)$$

при сжатии вдоль волокон

$$\sigma_{сж.в}^T = \sigma_{сж.в}^5 + 3T - 15; \quad (5)$$

при радиальном сжатии

$$\sigma_{р.сж}^T = \sigma_{р.сж}^5 - 1,1T + 6; \quad (6)$$

при тангентальном сжатии

$$\sigma_{т.сж}^T = \sigma_{т.сж}^5 - 0,85T + 4. \quad (7)$$

В этих уравнениях

$\sigma_{изг}^T$ ;  $\sigma_{сж.в}^T$ ;  $\sigma_{р.сж}^T$ ;  $\sigma_{т.сж}^T$  — искомые пределы прочности древесины 5—25-летних тополей;

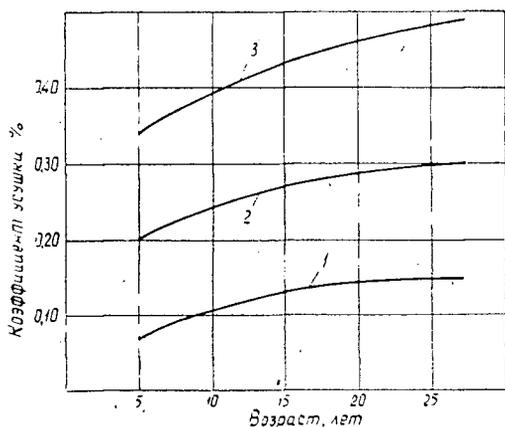


Рис. 1.

1 — коэффициент радиальной усушки;  
2 — тангентальной; 3 — объемной.

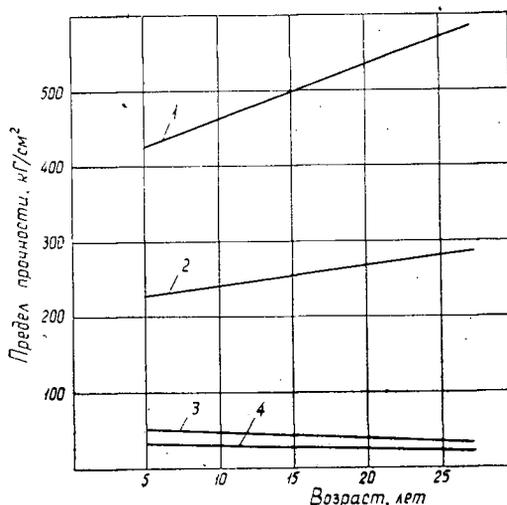


Рис. 2.

1 — при статическом изгибе; 2 — при сжатии вдоль волокон; 3 — при радиальном сжатии; 4 — при тангентальном сжатии.

$\sigma_{изг}^5$ ;  $\sigma_{сж.в}^5$ ;  $\sigma_{р.сж}^5$ ;  $\sigma_{т.сж}$  — пределы прочности, полученные при испытаниях древесины 5-летних тополей;  
 $T$  — возраст дерева.

Таким образом, пользуясь приведенными уравнениями (1) — (7), мы можем по результатам испытаний древесины гибридных 5-летних тополей определить соответствующие показатели физико-механических свойств тополей любого возраста в пределах от 5 до 25 лет.

Применение приведенного выше метода позволит значительно сократить сроки сортоиспытания древесины по физико-механическим свойствам. Этим методом можно также пользоваться при отборе гибридов тополей для применения их в деревообработке, особенно в фанерном производстве.

На рис. 1 показана зависимость коэффициентов усушки древесины евроамериканского майского тополя от возраста, на рис. 2 — зависимость пределов прочности древесины того же тополя от возраста.

Из этих рисунков видно, что с увеличением возраста дерева от 5 до 25 лет коэффициенты усушки и прочность древесины при статическом изгибе, а также при сжатии вдоль волокон повышаются; условные пределы прочности при радиальном и тангентальном сжатии несколько снижаются. Последнее обстоятельство указывает на то, что для производства фанеры и столярных плит во избежание чрезмерных потерь на упрессовку следует заготавливать древесину в более молодых древостоях. С другой стороны, при лущении шпона для получения большого выхода требуется толстомерная древесина. Таким образом, наиболее пригодна для лущения толстомерная древесина тополя в относительно молодом возрасте; при этом нужно брать быстрорастущие гибриды. Гибриды с условными маркировками I, II, III, VI, VII, VIII (табл. 1) можно рекомендовать как насаждения, предназначенные для быстрого выращивания сырья, идущего на производство фанеры.

УДК 674.812

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА УСУШКИ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ВЛАЖНОСТИ

Т. В. ОГАРКОВА

(Воронежский сельскохозяйственный институт)

Проведенные нами ранее исследования показали, что древесина усыхает неравномерно и что коэффициент усушки натуральной древесины меняется в зависимости от влажности\*.

Цель настоящей работы — установить закон зависимости усушечной деформации от влажности для прессованной древесины.

Для экспериментов брали древесину одноосного прессования березы и осины. Прессовали по способу П. Н. Хухрянского, то есть с предварительным пропариванием. Степень прессования определяли по отношению к конечному размеру

$$e = \frac{d_0 - d}{d}, \quad (1)$$

где  $d_0$  и  $d$  — размеры образца в направлении прессования до и после прессования. Направление прессования совпадало с радиальным направлением по отношению к годичным слоям.

Для каждой степени прессования было взято 20 образцов размером  $30 \times 20 \times 10$  мм (первый размер в направлении определяемой усушечной деформации поперек волокон, последний — вдоль волокон). Для 10 образцов определяли усушку в направлении прессования, для 10 — в направлении, перпендикулярном направлению прессования (тангентальном по отношению к годичным слоям). Относительную усушечную деформацию вычисляли по формуле

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} 100\%, \quad (2)$$

где  $l$  — размер образца в измеряемом направлении при данной влажности;  $l_0$  — размер образца при абс. сухом состоянии.

В остальном методика проведения опытов такая же, как и для натуральной древесины (подробно она описана нами ранее\*).

Соответствующую точке насыщения волокна влажность образцов достигали путем длительного выдерживания их в эксикаторе с определенной влажностью воздушной среды.

Обработка результатов исследований способом наименьших квадратов показала, что усушечная деформация прессованной древесины (как и натуральной) изменяется в зависимости от гигроскопической влажности древесины по степенному закону.

Если обозначить через  $W$  — влажность образца, а через  $W_{т.н}$  — влажность, соответствующую точке насыщения волокна, то окончательная формула для вычисления коэффициента усушки древесины имеет вид

$$k = ab (W_{т.н} - W)^{a-1}. \quad (3)$$

Значения параметров  $a$  и  $b$  и величины  $W_{т.н}$  при различных степенях прессования для березы даны в табл. 1, для осины — в табл. 2.

Объемный вес взятой для прессования натуральной березы  $0,61$  г/см<sup>3</sup>, осины —  $0,48$  г/см<sup>3</sup>.

\* Т. В. Огаркова. Влияние гигроскопической влаги на коэффициент усушки древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964.

Таблица 1

Таблица 2

Степень прессования, %	Параметры		Точка насыщения волокна, %	Степень прессования, %	Параметры		Точка насыщения волокна, %
	<i>a</i>	<i>b</i>			<i>a</i>	<i>b</i>	
0	1,31	0,0709	29,2	0	1,68	0,012	33,8
	1,125	0,20	28		1,607	0,042	33,8
20	1,20	0,22	29,3	11	1,36	0,061	34,2
	1,30	0,12	30,4		1,63	0,035	32,5
60	1,17	0,39	29,0	30	1,42	0,070	34,3
	1,38	0,10	29,5		1,59	0,394	33,6
75	1,13	0,45	30,2	54	1,23	0,183	33,8
	1,37	0,084	30,9		1,41	0,0765	32,4
100	0,98	0,86	28,4	79	1,11	0,496	32,2
	1,31	0,117	29,8		1,71	0,025	33,6

Примечание. В числителе данные в направлении прессования; в знаменателе — в направлении, перпендикулярном направлению прессования.

Из табл. 1 и 2 видно, что по мере возрастания степени прессования параметр *a* уменьшается, а параметр *b* увеличивается; коэффициент усушки повышается вследствие увеличения плотности древесины при прессовании, при котором возрастает содержание древесинного вещества на единицу длины в направлении прессования. Существенное значение имеет также смятие сердцевинных лучей в процессе прессования. Эти лучи, имея меньший коэффициент усушки, препятствуют усушке натуральной древесины в радиальном направлении.

Средние значения коэффициентов усушки в направлении прессования в различных интервалах влажности для прессованной древесины осины и березы представлены в табл. 3.

Таблица 3

Степень прессования, %	Коэффициент усушки, %, в интервалах влажности					
	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25— $W_{T.H}$
0	0,214	0,190	0,166	0,136	0,128	0,054
0	0,262	0,246	0,224	0,202	0,168	0,112
11	0,286	0,250	0,274	0,228	0,200	0,136
20	0,520	0,490	0,470	0,430	0,390	0,297
30	0,426	0,394	0,364	0,324	0,280	0,178
60	0,800	0,760	0,752	0,698	0,632	0,497
54	0,480	0,492	0,454	0,428	0,384	0,302
75	0,800	0,760	0,746	0,710	0,662	0,560
79	0,760	0,760	0,700	0,746	0,684	0,601
100	0,820	0,760	0,760	0,820	0,750	—

Примечание. В числителе данные для осины; в знаменателе — для березы.

С повышением степени прессования ослабевает влияние сердцевинных лучей. При степени прессования примерно 60% луч в целом теряет устойчивость, и его влияние (как сопротивление усушке) резко уменьшается. При дальнейшем возрастании степени прессования сердцевинные лучи уже не препятствуют свободному деформированию других элементов древесины, и коэффициент усушки меняется мало. Если бы не было смятия сердцевинных лучей, то при степени прессования 100%

коэффициент усушки повысился бы вдвое, на самом деле он увеличился в три раза (и больше).

При больших степенях прессования для березы и осины параметр  $a$  очень близок к единице, поэтому зависимостью коэффициента усушки от влажности в направлении прессования можно пренебречь (в интервале влажности от 0 до 25).

Как видно из табл. 1 и 2, параметр  $a$  для прессованной древесины мало отличается от его значения для натуральной древесины, и коэффициент усушки практически не зависит от степени прессования. Но при всех степенях прессования коэффициент усушки зависит от влажности\*.

Средние значения коэффициентов усушки в направлении, перпендикулярном направлению прессования, при различных степенях прессования и интервалах влажности для осины и березы даны в табл. 4.

Таблица 4

Степень прессования, %	Коэффициент усушки, %, в интервалах влажности					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25- $W_{T,H}$
0	0,536	0,492	0,432	0,368	0,294	0,158
0	0,336	0,328	0,298	0,300	0,278	0,206
11	0,486	0,434	0,376	0,314	0,244	0,120
20	0,410	0,390	0,370	0,340	0,304	0,190
30	0,470	0,428	0,378	0,324	0,258	0,141
60	0,460	0,423	0,404	0,356	0,286	0,180
54	0,442	0,402	0,368	0,326	0,272	0,176
75	0,396	0,370	0,338	0,392	0,200	0,160
79	0,474	0,432	0,374	0,306	0,236	0,115
100	0,428	0,400	0,372	0,334	0,282	0,190

Примечание. В числителе данные для осины; в знаменателе — для березы.

Следовательно, при расчете деталей из натуральной или прессованной древесины следует учитывать, что коэффициент усушки для разных интервалов влажности различен и нужно брать его значение в соответствии с тем интервалом, в котором будет эксплуатироваться деталь.

\* Т. В. Огаркова. Влияние гигроскопической влаги на коэффициент усушки древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964.

Поступила в редакцию  
18 июля 1966 г.

УДК 674.815—41

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

**О. Б. ДЕНИСОВ, Г. Я. ТРАЙТЕЛЬМАН**

(Сибирский технологический институт)

Общие аналитические методы расчета процессов высокотемпературного нагревания влажных капиллярно-пористых тел (с учетом наложения фильтрационного массопереноса на теплоперенос [4]), к сожалению, не доведены до практического использования в связи с математической сложностью и отсутствием данных о величинах коэффициентов переноса. Это явилось причиной широкого использования эмпирических способов расчета. Однако отсутствие универсальности, невозможность анализа физической сущности рассматриваемого процесса и весьма приближенный характер вычислений по этим способам заставляют искать другие методы решения задачи.

Продолжительность нагревания стружечного пакета в прессе в общем случае выражается зависимостью

$$\tau = f(\nabla t, \nabla P, \nabla U),$$

поскольку

$$q_t = -\lambda_t \nabla t; \quad q_p = -K \nabla P; \quad q_U = -\lambda_U \nabla U,$$

где  $q_t$ ,  $q_p$  и  $q_U$  — плотности теплового, фильтрационного и диффузионного потоков (влаги);

$\nabla t$ ,  $\nabla P$ ,  $\nabla U$  — градиенты температуры, давления пара и влажности;

$\lambda_t$ ,  $K$ ,  $\lambda_U$  — коэффициенты теплопроводности, проницаемости и влагопроводности.

Продолжительность нагревания стружечного пакета (между горячими плитами пресса) зависит от плотности потоков тепла и влаги к среднему слою пакета, наиболее удаленному от поверхности. Качество готовых древесностружечных плит определяется прочностью именно этого слоя; самый распространенный брак производства — расслаивание происходит также по этому слою.

Для определения плотности потока при одномерном движении необходимо знать закон распределения переменной по сечению пакета и величину коэффициента переноса. Если аналитическое описание распределения температуры по сечению пакета может быть аппроксимировано с достаточной степенью точности экспоненциальным или другим законом, то характер распределения пара остается не ясным. Градиент влажности оказывает весьма малое ускоряющее воздействие на нагревание среднего слоя (10% перепада влажности равнозначно 1°С), и далее этот градиент рассматривается только в связи с воздействием на давление пара. Поэтому для изучения совместного изменения полей

давления пара, влажности и температуры и их роли в интенсификации нагревания среднего слоя мы применили экспериментальные методы исследования.

Была смонтирована лабораторная установка, включающая пресс ПГ-100 и приборы регулирования и контроля нагревания объекта исследования стружечного пакета. Пакет настилали из типовой стружки (от станков ДС-2), смешанной со связующим на основе смолы М-60 в количестве 10% на сухой остаток смолы (к весу абс. сухой стружки). Запрессовки производили при различных величинах увлажнения (350, 300, 250, 200, 150, 100, 50 г/м<sup>2</sup>) и без увлажнения. Для контроля температуры и давления пара по сечению пакета вкладывали датчики. Изменения влажности определяли весовым методом путем взятия проб в параллельных опытах. Температуру записывали с помощью электронного потенциометра ЭПП-09 М1, давление пара с помощью электронного моста еКВW-6. Процесс нагревания пакета в прессе разделяли на следующие периоды прогрева: предварительный, основной и интенсивного кипения. Границы периодов определяются по характерным точкам перегиба температурной кривой среднего слоя пакета (рис. 1).

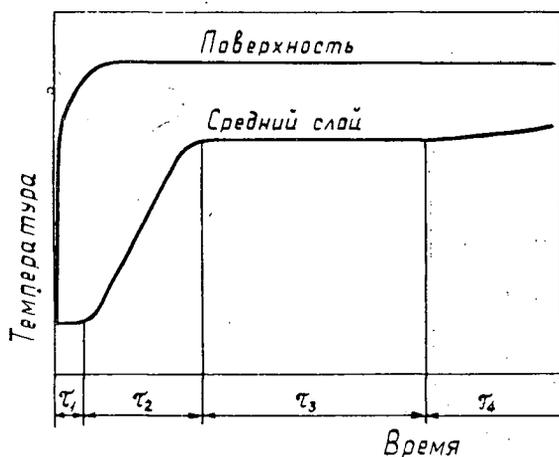


Рис. 1. Изменение температуры в среднем слое стружечного пакета по периодам прогрева.

$\tau_1$  — предварительного;  $\tau_2$  — основного;  $\tau_3$  — интенсивного кипения;  $\tau_4$  — перегрева.

Рассматривая изменение температуры  $t$ , давления  $P$  и влажности  $U$  по сечению пакета, можно составить представление об особом механизме протекания процесса контактного нагревания. На рис. 2 изображены кривые распределения  $t$ ,  $P$  и  $U$  по сечению пакета при прессовании с применением «парового удара» (температура прессования 160°С, плотность пакета 600 кг/м<sup>3</sup>). Предварительное нанесение задан-

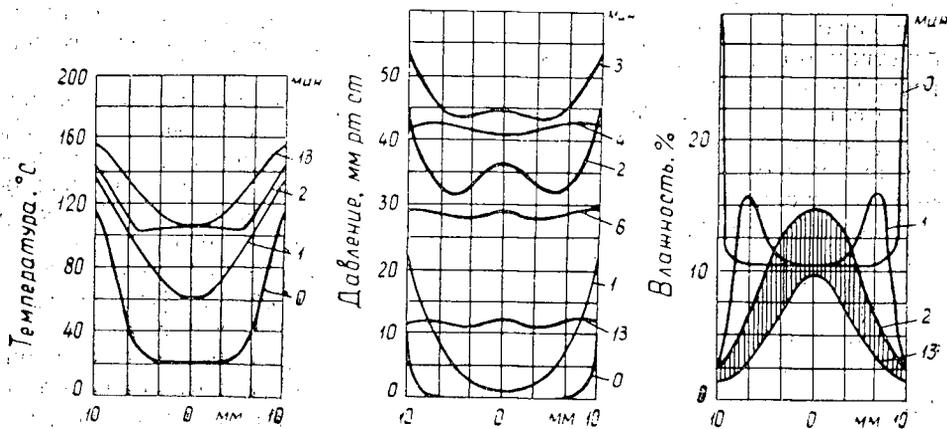


Рис. 2.

ного количества воды на поверхность пакета перед прессованием увеличивает градиент давления пара и тем самым плотность потока влаги к среднему слою пакета. Как видно из рис. 2, в начальный момент прессования между контактным и средним слоем возникает перепад температуры около  $100^\circ\text{C}$ . Интенсивный нагрев увлажненного контактного слоя приводит к возникновению значительного перепада давления пара (на рис. 2 — около 20 мм рт. ст.), способствующего движению фильтрационного потока влаги внутрь пакета. Достигнув среднего слоя пакета в периоде основного прогрева, фильтрационный поток ускоряет его нагревание до температуры кипения воды при соответствующем давлении пара. Ускорение прогрева прямо пропорционально величине «всплеска» давления пара в начале периода предварительного прогрева.

В периоде интенсивного кипения наблюдается общее повышение давления пара по сечению пакета, захватывающее и контактный слой, что вызывает появление в нем вторичного максимума давления. Наряду со значительным уменьшением перепада давления пара по сечению пакета существенно увеличивается его абсолютная величина. Далее, пройдя максимум, давление пара к концу периода интенсивного кипения уменьшается по всему сечению пакета.

Исходное распределение влаги после увлажнения поверхности носит параболический характер (рис. 2). Опытным путем установлено, что в периодах предварительного и основного прогрева поле влажности по сечению стружечного пакета образует три нестационарные зоны: интенсивного кипения, сухую и холодную. По мере продвижения влаги в глубь пакета зона кипения расширяется до слияния с симметрично расположенной. С этого момента начинается выпаривание влаги из внутренних слоев и удаление ее через кромки пакета в окружающую среду. Интенсивность выпаривания влаги, то есть продолжительность периода интенсивного кипения, определяется форматом и проницаемостью пакета.

Несомненный интерес представляет вопрос о форме фильтрации влаги от поверхности к среднему слою стружечного пакета. Установлено, что сквозной фильтрации нет. Она носит ступенчатый характер и сопровождается конденсацией пара на границе холодной зоны и зоны кипения. В начальный период нагревания не исключено захватывание и перенос жидкости в капельной фазе фильтрационным потоком.

Величина влажности среднего слоя в характерных точках перегиба температурной кривой может быть рассмотрена на основании кривых фазового равновесия влага — древесина и характеризуется неравенством  $0,19 > U_p > 0,112$ . Усиление интенсивности контактного нагревания ведет к сдвигу  $U_p$  вправо.

Если  $\nabla P$  играет доминирующую роль в интенсивности массопереноса, то изменение абсолютной величины избыточного давления пара  $P_{\text{и}}$  в среднем слое пакета представляет интерес с точки зрения сокращения продолжительности периода интенсивного кипения и предупреждения расслоений древесностружечной плиты при разгрузке пресса. Характер кривых (рис. 3) показывает, что наибольшее влияние на рост давления пара оказывает изменение плотности пакета, начиная со средних ( $\gamma \geq 550 \text{ кг/м}^3$ ) ее значений. По данным В. П. Жукова [1], минимум усадки плиты наблюдается также при этих значениях плотности.

При анализе зависимости продолжительности периода предварительного прогрева  $\tau_1$  от температуры плит пресса, плотности фильтрационного потока и толщины древесностружечной плиты замечено, что решающее значение имеет толщина и меньшее — ее термические и фильтрационные свойства (рис. 4). Повышение температуры прессова-

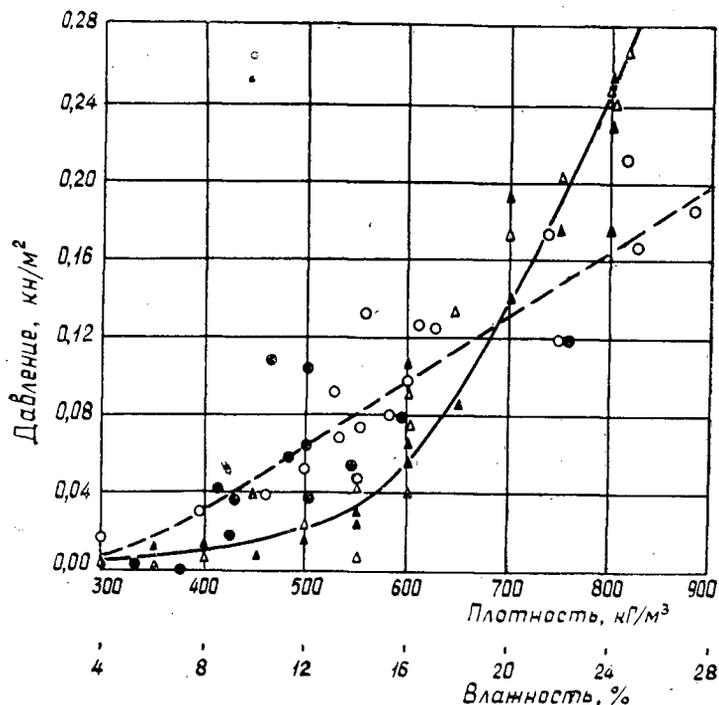


Рис. 3. Зависимость давления пара в среднем слое стружечного пакета от плотности и начальной влажности (температура прессования  $160^{\circ}\text{C}$ ).

ния усиливает эффективность «парового удара», но не сокращает продолжительность периода предварительного прогрева  $\tau_1$  неувлажненного стружечного пакета (кривая 2 на рис. 4).

На сокращение периода основного прогрева  $\tau_2$ , в отличие от  $\tau_1$ , прямое воздействие оказывают температура прессования и, главное, плотность фильтрационного потока по толщине пакета (рис. 5). Продолжительность периода основного прогрева  $\tau_2$  неувлажненного пакета определяется его термическими константами. Ускоряющее воздействие массопереноса на нагревание среднего слоя такого пакета незначительно и может не приниматься в расчет. Глубокое высушивание (до 1,5—2,0%) поверхностных слоев пакета дает основание полагать, что продолжительность периода интенсивного кипения  $\tau_3$  определяется термическим сопротивлением этих слоев, начальной и конечной

влажностью пакета, а также его проницаемостью. В данной работе излагается приближенный метод решения задачи теплопереноса (осложненного фильтрационным массопереносом), основанный на предварительном анализе физической обстановки процесса и исключения некото-

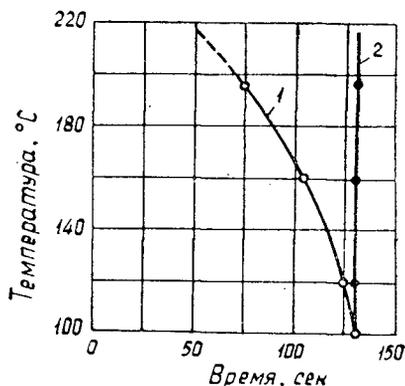


Рис. 4. Зависимость периода предварительного прогрева от температуры прессования для увлажненного (1) и неувлажненного (2) пакета (плотность пакета  $500\text{ кг/м}^3$ ).

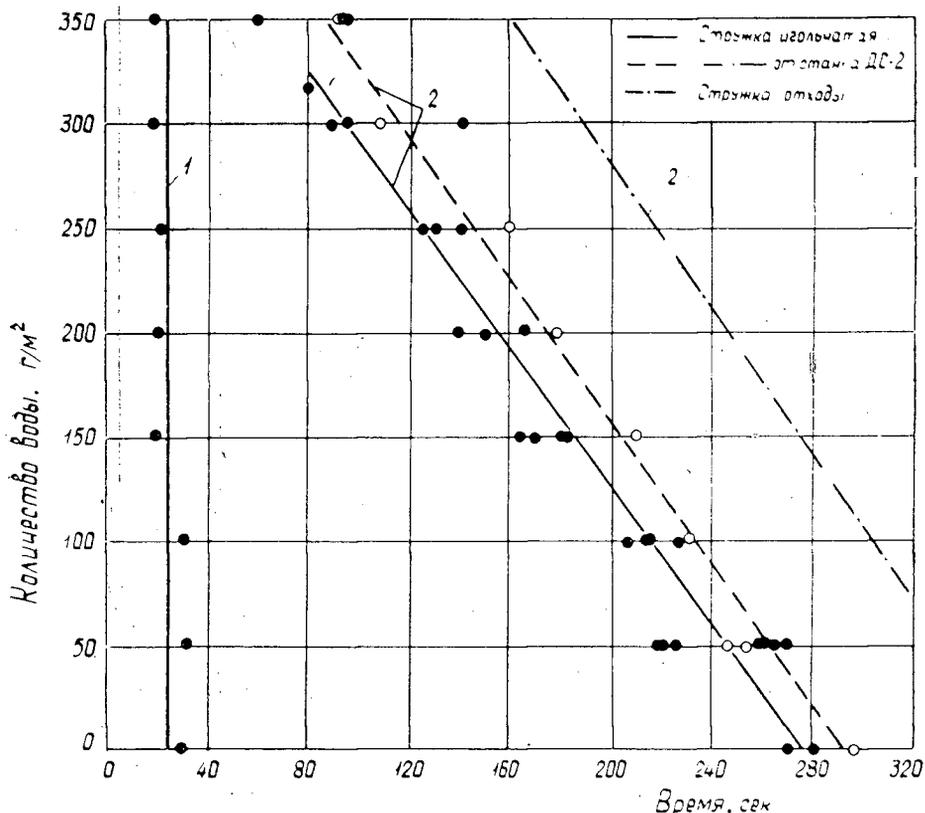


Рис. 5. Зависимость периода предварительного (1) и основного (2) прогрева от количества нанесенной на поверхность пакета воды (температура прессования  $160^{\circ}\text{C}$ , плотность пакета  $500 \text{ кг/м}^3$ ). По стружкам-отходам данные И. А. Отлева.

рых переменных из дифференциальных уравнений теплового баланса. Основные допущения, принятые при разработке указанного метода расчета, не противоречат физической сути протекающих в стружечном пакете процессов и сводятся к следующему: 1) в зоне контакта плиты пресса со стружечным пакетом обеспечиваются изотермические условия, то есть  $t_n = \text{const}$ ; 2) истинная кривая распределения температуры по сечению стружечного пакета заменяется параболой  $n$ -го порядка; 3) принимая зональную систему расчета, в каждой зоне, ограниченной определенным интервалом времени, пренебрегаем изменениями тепло- и влагокоэффициентов по координате и ограничимся средними значениями этих констант; 4) предполагаем, что фильтрация влаги по сечению пакета подчиняется закону Дарси; 5) движением влаги под действием градиента влажности пренебрегаем, считая основной движущей силой массопереноса градиент избыточного давления пара.

Рассматривая данный случай нагревания как «внутреннюю» задачу с граничными условиями первого рода (в которой интенсивность переноса определяется термическими и массообменными константами стружечного пакета), мы получили уравнения продолжительности нагревания пакета по механизму теплопроводности и фильтрационной массопроводности для периодов:

а) предварительного прогрева

$$\tau_1 = \frac{x_0^2 c \gamma_0}{2n(n+1) \left[ \lambda_1 + Kb \frac{\partial P}{\partial t} \right]}, \quad (1)$$

где  $b$  — энтальпия воды;

$n$  — показатель степени теоретической кривой распределения температуры по толщине пакета;

$\frac{\partial P}{\partial t}$  — производная от давления пара по температуре;

$K$  — коэффициент паропроницаемости пакета [3];

$\lambda_1$  — коэффициент теплопроводности пакета [2];

$c$  — удельная теплоемкость;

$x_0$  — характерный размер, м;

б) основного прогрева

$$\tau_2 = \frac{x_0^2 c \gamma_0}{(n+1) [\lambda_2 + KbE]} \ln \frac{t_n - t_0}{t_n - t_{\text{кип}}}, \quad (2)$$

где  $E = \frac{\partial P}{\partial t} N$  — комплексный коэффициент, корректирующий долю тепла, перенесенного фильтрационным потоком пара в период основного прогрева, в зависимости от степени увлажнения поверхности (определяется опытным путем);

в) интенсивного кипения.

$$\tau_3 = \frac{x_0^2 r \gamma_0 (U_n - U_k)}{200n \lambda_3 (t_n - t_{\text{кип}})}, \quad (3)$$

где  $r$  — теплота парообразования.

Уравнения (1) и (2) могут быть преобразованы для случая нагрева путем теплопроводности (сухие тела) и чистого массопереноса (продувание пара через пористую пластину).

Общая продолжительность нагревания пакета определится по формуле

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_{\text{отв}}. \quad (4)$$

Далее показано, что при применении мочевино-формальдегидных смол в качестве связующего продолжительность отверждения  $\tau_{\text{отв}}$  перекрывается периодом интенсивного кипения  $\tau_3$  и определяется по достижении конечной влажности  $U_k$  (6—8%), при которой отвердевший клеевой шов плиты после разгрузки пресса имеет достаточную механическую прочность ( $\sigma_{\perp} = 2 \div 3 \text{ кг/см}^2$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. П. Жужков. Влияние технологических факторов прессования на толщину древесностружечных плит. «Мебель и деревообработка» № 24, ЦНИИТЭИ, М., 1965.  
 [2]. Кюльман. Holz als Roh- und Werkstoff, № 7, 1962. [3]. О. Б. Денисов. Проницаемость стружечного ковра. Сб. «Производство древесностружечных плит», ЦНИИТЭИлеспром, М., 1964. [4]. А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. Теория тепло- и массопереноса. Госэнергоиздат, М.—Л., 1963.

УДК 634.0.812 : 674.031.632.13

**О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ  
БЕРЕЗОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В АЛЬВАРНЫХ ЛЕСАХ**

**А. А. КАСЕСАЛУ**

(Ярвельский учебно-опытный лесхоз Эстонской сельскохозяйственной академии)

В состав лесов Эстонской ССР входит своеобразная группа типа альварных лесов. Альвары — это платоподобные плитняковые площади, большей частью так называемые коренные остаточные острова — плитняковые угодья, где материковый лед при своем движении не оставил моренного материала в сколько-нибудь заметном количестве [3]. Большой частью плитняк все-таки покрыт тонким слоем почвы, богатым гумусом. Основные древесные породы, образующие леса на альварных площадях, — сосна, ель, береза и дуб. Насаждения низкого бонитета и малой полноты. Для сухих альварных лесов характерны бородавчатые березы (*Betula verrucosa* Ehrh.) с необыкновенно глубоко-бороздчатой корой. В подлеске, в основном, представлены можжевельник, кизильник, жестер слабительный, смородина альпийская, рябина. Богатыми видами растительный покров образуют известколюбивые как ксерофитные, так и мезофитные растения.

Для определения физико-механических свойств березовой древесины в альварных лесах нами было срублено 15 моделей (в пяти насаждениях по три, близких к среднему модельному дереву). Основные показатели этих насаждений приведены в табл. 1. Типы местопроизрастания леса определены по А. Кару и Л. Муйсте [2].

Березовые кряжи для пробных образцов взяты на высоте ствола 1,3 м. Их изготовление, а также определение объемного веса и механических свойств проводили по ГОСТу 6336—52 [1]. Для нахождения сопротивления сжатию и твердости вдоль волокон и сопротивления изгибу в тангентальном направлении использовали универсальную машину Амслера. Ударную прочность в тангентальном направлении определяли динамической опытной машиной Шарпи МК-5. Все полученные данные пересчитаны по соответствующим формулам на 15%-ную влажность.

Таблица 1

№ проб-площади	Местонахождение насаждения	№ квартала № литеры	Насаждения					
			тип место-произрастания	состав	класс бонитета полнота	класс возраста	H сред-нее, м	D сред-нее, см
20	Совхоз Пуктасте	$\frac{22}{3}$	Лишайниково-альварный	10Б	$\frac{Va}{0,5}$	VII	8	14
33	Лесничество Марьямаа	$\frac{8}{7}$	Толокнянково-альварный	6С2Е2Б	$\frac{IV}{0,7}$	XIII	18	23
32	Лесничество Варди	$\frac{60}{г}$	"	8С1Е1Б	$\frac{V}{0,7}$	XIV	14	21
30	Лесничество Вяэна	$\frac{39}{6}$	Сеслериево-альварный	8Б2Е	$\frac{IV}{0,7}$	VIII	15	15
31	Лесничество Вяэна	$\frac{31}{16}$	"	7Б3Ол.ч	$\frac{IV}{0,7}$	V	16	16

Опытные данные физико-механических свойств древесины приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ пробной площади	Объемный вес, $г/см^3$	Сопrotивле-ние сжатию, $кг/см^2$	Сопrotивле-ние изгибу, $кг/см^2$	Ударная прочность, $кгм/см^3$	Твердость, $кг/см^2$
20	0,70	403	909	0,46	498
33	0,72	488	1061	0,54	482
32	0,73	534	1112	0,53	501
30	0,64	436	958	0,46	400
31	0,67	481	1003	0,46	457

Объемный вес у альварных берез достаточно велик. На сухих альварных участках объемный вес больше ( $0,70—0,73 г/см^3$ ), чем на мокрых почвах в сеслериево-альварном типе ( $0,64$  и  $0,67 г/см^3$ ).

Сопrotивление сжатию наибольшее у древесины, взятой с пробной площади 32, наименьшее — в бонитете Va лишайниково-альварного типа (пробная площадь 20). Сопrotивление изгибу наименьшее также у древесины, взятой с пробной площади 20, в сеслериево-альварном типе оно несколько меньше, чем в толокнянково-альварном. В отношении ударной прочности следует отметить необыкновенно большие средние показатели у берез, растущих в толокнянково-альварном типе. Средняя твердость у древесины, взятой с пробных площадей, колеблется от 400 до 501  $кг/см^2$ . В табл. 3 приведены средние показатели объемного веса, сопrotивления сжатию, сопrotивления изгибу, ударной прочности и твердости у древесины (взятой с пробных площадей) вместе с вариационно-статистическими основными показателями.

Таблица 3

Физико-механические свойства	Статистические показатели					
	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm\sigma$	$\pm m$	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %
Объемный вес, $г/см^3$ . . .	79	0,73	0,037	0,004	5,1	0,57
	49	0,65	0,046	0,007	7,1	1,01
Сопrotивление сжатию, $кг/см^2$ . . . . .	79	510	40,2	4,5	7,9	0,89
	39	451	48,1	7,7	10,7	1,71
Сопrotивление изгибу, $кг/см^2$ . . . . .	52	1082	80	11,1	7,4	1,02
	35	979	113	19,1	11,5	1,95
Ударная прочность, $кгм/см^3$ . . . . .	16	0,53	0,064	0,016	12,0	3,00
	19	0,46	0,058	0,013	12,6	2,88
Твердость, $кг/см^2$ . . . . .	104	491	58,1	5,7	11,8	1,16
	64	429	58,4	7,3	13,6	1,70

Примечание. В числителе данные для толокнянково-альварного типа местопрорастания леса (номера пробных площадей 33 и 32), в знаменателе — для сеслериево-альварного типа (номера пробных площадей 30 и 31).

Можно считать выясненным, что физико-механические свойства древесины берез, растущих на альварных площадях, достаточно высоки при сравнительно низких бонитетах (IV—Va).

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 6336—52. Методы физико-механических испытаний древесины. Стандартгиз, 1952. [2]. А. Кару, Л. Муйсте. Типы местопрорастания леса Эстонии (на эстонском языке). Таллин, 1958. [3]. А. Лиллема. Почвы Эстонской ССР (на эстонском языке). Таллин, 1958.

Поступила в редакцию  
18 января 1966 г.

УДК 634.0.812

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Р. П. АЛПАТКИНА

(Московский лесотехнический институт)

Влагопроводность древесины до настоящего времени исследовали, применяя один из известных методов: стационарного тока влаги; нестационарного тока влаги; опытных сушек. Основной недостаток этих методов — большая длительность, сложность и громоздкость опытов.

В Московском лесотехническом институте на кафедре гидротермической обработки древесины под руководством проф. П. С. Серговского проведена работа по изысканию нового метода определения коэффициентов влагопроводности древесины.

При его разработке в основу были положены следующие предпосылки: а) коэффициент влагопроводности представляет собой характеристику древесины, которая имеет физический смысл и возможна для определения, если влажность материала находится в пределах от абс. сухого состояния до точки насыщения волокна; б) влажность древесины влияет на коэффициент влагопроводности очень незначительно [4], поэтому можно ограничиться определением средних коэффициентов в практически важном диапазоне влажности 8—30%; в) результаты эксперимента должны быть описаны уравнением, в которое в качестве неизвестного входил бы только коэффициент влагопроводности; г) эксперимент должен быть кратковременным.

### *Первый вариант метода*

Основные физические явления, определяющие характер и продолжительность процесса сушки или увлажнения, — влагопроводность и влагообмен с окружающей средой. Процесс лимитируется только влагопроводностью, если справедливо граничное условие  $W_{\text{пов}} = \text{const}$ , которое аналогично условию

$$\frac{\beta}{D} \cdot S \rightarrow \infty, \quad (1)$$

где  $\beta$  — коэффициент влагообмена;  
 $D$  — коэффициент влагопроводности;  
 $S$  — толщина материала.

При сушке или увлажнении в газовой среде невозможно строго осуществить условие (1). Приближенно его можно выполнить для очень толстых образцов. Однако применение таких образцов в опытах связано с большой длительностью эксперимента.

Можно предположить, что с небольшой погрешностью условие  $W_{\text{пов}} = W_{\text{т.н}} = \text{const}$  соблюдается при увлажнении древесины путем контакта ее с древесноволокнистым гигроскопическим материалом, имеющим влажность выше точки насыщения волокна  $W_{\text{т.н}}$ , но не способным

механически терять свободную влагу. Таким материалом является фильтровальная бумага.

В соответствии с законами теории теплопроводности и теории сушки [1], [2] кривые распределения влажности в образце в процессе увлажнения при условии  $W_{пов} = W_{т.н}$  имеют характер, показанный на рис. 1. Если образец (например, пластина толщиной  $2R$ ) с известной и равномерно распределенной начальной влажностью  $W_{нач}$  увлажняется при условии  $W_{пов} = W_{т.н} = \text{const}$  до средней влажности  $W_x$  в течение времени  $\tau$ , то величину коэффициента влагопроводности можно получить однозначно из теоретических уравнений продолжительности процесса:

в стадии нерегулярного режима

$$D = \frac{\pi R^2}{4\tau} (1 - E)^2; \quad (2)$$

в стадии регулярного режима

$$D = \frac{4R^2}{\pi^2\tau} \ln \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{1}{E}, \quad (3)$$

где  $E$  — средняя безразмерная влажность, определяемая выражением

$$E = \frac{W_{т.н} - W_x}{W_{т.н} - W_{нач}}. \quad (4)$$

Эти соображения диктуют следующую методику. Подготовленный для испытания образец в форме пластины (достаточно малой толщины) с начальной влажностью  $W_{нач} < W_{т.н}$  помещают во влажный гигроскопический чехол из фильтровальной бумаги, температура которой равна температуре образца. Образец с чехлом помещают в среду насыщенного влагой воздуха и выдерживают там в течение времени  $\tau$ , необходимого для увлажнения образца до некоторой влажности  $W_x > W_{нач}$ . Перед испытанием и после выдержки влажность образца определяют весовым методом. Заданное направление тока влаги относительно волокон обеспечивается соответствующим изготовлением образца. Для получения равномерной начальной влажности образец выдерживают в эксикаторе с определенной относительной упругостью водяного пара.

Перед началом собственно испытания температуру образцов доводят до температуры опыта. Для этого эксикатор с образцами помещают на необходимое время в термостат. Бумагу гигроскопического чехла смачивают, отжимают для удаления избытка воды и также прогревают до температуры опыта в термостате.

Таким образом, из условий опыта известны температура древесины  $t$ , толщина образца  $S$  (или определяющий размер  $R$ ), начальная влажность  $W_{нач}$ , конечная влажность  $W_x$ , влажность насыщения волокна  $W_{т.н}$ . Подстановка соответствующих величин в уравнение (2) или (3) позволяет вычислить коэффициент влагопроводности  $D$ . Выбор для

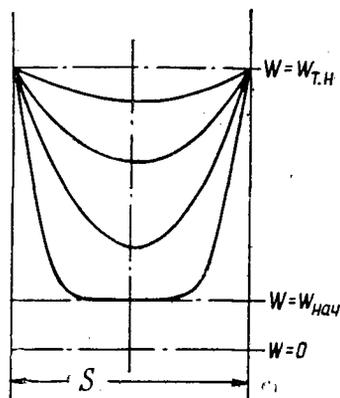


Рис. 1.

расчета того или иного из этих уравнений определяется величиной безразмерной конечной влажности [при  $E > 0,55$  справедливо уравнение (2), при  $E < 0,55$  — выражение (3)].

### Предварительные эксперименты

До проведения серийных опытов необходимо было экспериментально установить оптимальную влажность гигроскопического чехла, влажность насыщения волокна при контакте с гигроскопическим чехлом, возможный перепад температуры между средой и древесиной при проведении эксперимента.

Известно [3], что при контакте с сырой фильтровальной бумагой древесина не поглощает свободной влаги, а увлажняется только до влажности насыщения волокна. Но если бумага недостаточно влажная, то древесина не сможет увлажняться до предельного состояния, если же бумага слишком сырая, то свободная влага может механически стекать на древесину и увлажнять ее сверх точки насыщения волокна.

Задачу установления оптимальной влажности гигроскопического чехла решали следующим образом. Образцы древесины размером  $50 \times 30 \times 3$  мм, ориентированные по толщине в тангентальном или радиальном направлении и предварительно выдержанные до комнатно-сухого состояния, помещали между пачками фильтровальной бумаги (толщиной 10 мм) определенной влажности и укладывали в эксикатор, заряженный водой. Периодически, через каждые 2—3 часа, образцы взвешивали на аналитических весах. Опыт продолжали до достижения образцами постоянного веса; после этого их высушивали до абс. сухого состояния и подсчитывали влажность в процессе опыта, а также конечную устойчивую, соответствующую данному влажностному состоянию бумаги.

Заданное влажностное состояние бумаги приблизительно обеспечивалось соответствующей подготовкой чехла (отжим под прессом и контрольные взвешивания). Точную влажность чехла после каждого опыта определяли весовым методом.

Всего было проведено 48 опытов на тангентальных и радиальных образцах при влажности бумаги от 30 до 190%. На основе полученных результатов была построена кривая зависимости устойчивой влажности древесины  $W_y$  от влажности фильтровальной бумаги (рис. 2).

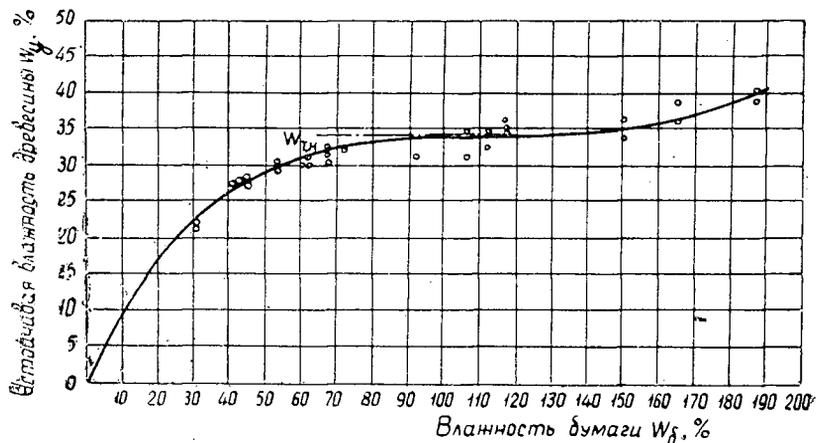


Рис. 2.

Кривая показывает, что влажность бумаги  $W_6$ , при которой поддерживается устойчивое состояние насыщения волокна  $W_{т.н}$  в соприкасающейся с бумагой древесине, лежит в пределах от 30 до 150%.

Необходимость проверять влажность насыщения волокна древесины при контакте с гигроскопическим чехлом возникла в связи с тем, что из литературных данных известны только средние значения величины  $W_{т.н}$ , соответствующие условиям увлажнения или сушки в воздухе. Величину  $W_{т.н}$  при увлажнении древесины в гигроскопическом чехле мы определяли на древесине ели, березы, осины и лиственницы при температурах 20, 40, 60 и 80°С. Образцы размером 50×30×3 мм в гигроскопическом чехле помещали в эксикатор, заряженный водой, и выдерживали до равновесного состояния при соответствующей температуре. Влажность бумаги чехла поддерживали (в соответствии с графиком рис. 2) равной 100%.

Для ускорения и упрощения опытов промежуточных взвешиваний образцов в процессе выдержки не производили. Заведомо достаточное время выдержки устанавливали на основании данных разведочных опытов и расчетов.

Всего испытано около 280 образцов. Результаты опытов показали, что характер выпилки образцов и их местоположение в стволе не оказывают закономерного влияния на влажность насыщения волокна. На основе полученных результатов был построен график (рис. 3) зависимости величины  $W_{т.н}$  от породы и температуры. Из графика видно, что порода древесины оказывает некоторое влияние на влажность насыщения волокна.

Как известно, сушка и увлажнение древесины связаны с поглощением и выделением скрытой теплоты парообразования [1]. Температура древесины при сушке всегда ниже, а при увлажнении выше температуры окружающей среды. Для выяснения величины температурного перепада между средой и древесиной при ее контактном увлажнении были проведены специальные опыты на образцах толщиной 6—7 мм, площадью 70×50 мм. Температуру измеряли (с помощью медно-константановых термопар и гальванометра М 198/1) в центре воздушно сухих образцов в процессе их выдержки во влажном гигроскопическом чехле при температуре окружающей среды 20 и 60°С. Измерения показали, что температура образцов превышает температуру среды не более, чем на 1,5°С. Вследствие малой и приблизительно постоянной величины температурного перепада ( $t_n - t_c$ ) основные опыты по исследованию влагопроводности можно проводить без специальных измерений температуры материала с поддержанием температуры среды на 1—1,5°С ниже номинальной.

#### Проверка метода и его уточнение

Прежде чем применять рассмотренную методику исследования влагопроводности для проведения серийных опытов, необходимо было убедиться в ее надежности. Для этого сопоставили данные, полученные новым методом, с результатами проверочных опытов, проведенных

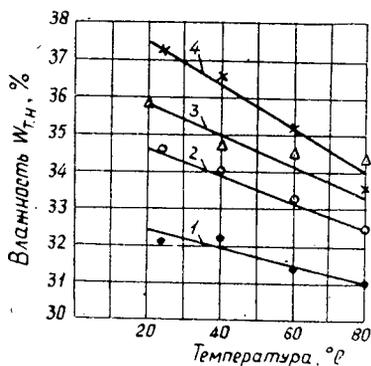


Рис. 3.

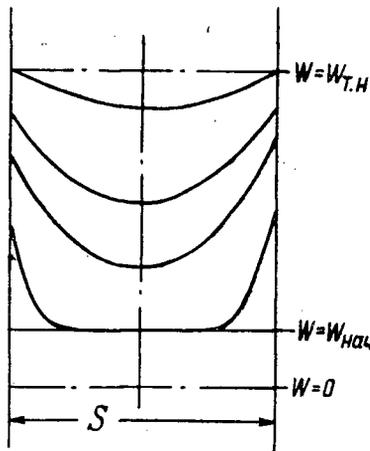


Рис. 4.

Оказалось, что условие (1), при котором справедливы расчетные уравнения (2) и (3), не соблюдается не только при увлажнении древесины в воздухе, но и при увлажнении ее в гигроскопическом чехле.

На поверхности раздела «бумага — древесина» наблюдается определенное сопротивление переходу влаги, вследствие чего коэффициент влагообмена  $\beta$  при контактном увлажнении — конечная величина и в расчетах коэффициента влагопроводности пренебрегать им нельзя. Реальный характер кривых распределения влажности в образцах в процессе увлажнения при условии  $W_{\text{пов}} < W_{\text{т.н}}$  показан на рис. 4. При этих условиях расчетное уравнение продолжительности увлажнения (в стадии нерегулярного режима) должно быть написано в виде

$$\tau = \frac{\pi S^2}{16D} \left[ 1 + \frac{4}{HS(1-E)} \right] (1-E)^2, \quad (5)$$

где  $H$  — отношение коэффициента влагоотдачи  $\beta$  к коэффициенту влагопроводности  $D$ .

Решим уравнение (5) относительно  $D$ .

Для образцов толщиной  $S_1$  и  $S_2$  имеем систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} D &= \frac{\pi S_1^2 (1-E_1)^2}{16 \left[ \tau_1 - \frac{\pi S_1^2}{4\beta} (1-E_1) \right]} \\ D &= \frac{\pi S_2^2 (1-E_2)^2}{16 \left[ \tau_2 - \frac{\pi S_2^2}{4\beta} (1-E_2) \right]} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

в которой все величины, кроме  $D$  и  $\beta$ , непосредственно известны из эксперимента.

Поскольку наша задача состоит в отыскании только коэффициента влагопроводности  $D$ , целесообразно применить путь решения системы (6), основанный на исключении неизвестного  $\beta$ .

Введем понятие «условный коэффициент влагопроводности  $D'$ » и допустим, что его определяют по условиям эксперимента из выражения (2). Тогда для пары образцов толщиной  $S_1$  и  $S_2$  имеем (учитывая, что  $S = 2R$ )

$$\left. \begin{aligned} D'_1 &= \frac{\pi S_1^2}{16\tau_1} (1 - E_1)^2 \\ D'_2 &= \frac{\pi S_2^2}{16\tau_2} (1 - E_2)^2 \end{aligned} \right\} \quad (7).$$

При совместном решении уравнений (6) и (7) получим

$$D = \frac{(S_1^2 - S_1 \cdot S_2) D'_1 \cdot D'_2}{D'_1 \cdot S_2^2 - D'_2 \cdot S_1 \cdot S_2}. \quad (8).$$

Таким образом, в предварительно намеченную и рассмотренную выше методику эксперимента вносятся следующие изменения. Эксперимент по увлажнению древесины в чехле при тех или иных условиях и для той или иной породы проводят дважды на образцах различных толщин  $S_1$  и  $S_2$ . По данным каждого эксперимента вычисляют условные коэффициенты влагопроводности  $D'_1$  и  $D'_2$ , а по ним — действительное значение коэффициента  $D$  [8].

Для проверки уточненной методики проведены эксперименты по увлажнению образцов, выпиленных из того же кряжа, из которого брали образцы для исследования влагопроводности методом стационарного тока (ель, заболонь, тангентальный ток). Толщина образцов 20, 10 и 5 мм. Одновременно в пачке увлажняли по 2 образца каждой из толщин. Влажность бумаги брали на верхнем уровне оптимального предела (около 150%).

Найденные значения  $D$  очень близко совпадают с величинами, полученными из опытов стационарного тока. Некоторые расхождения между ними лежат в пределах естественной неоднородности свойств древесины.

Хотя параллельные испытания образцов различных толщин несколько увеличивают затраты времени, все же этот метод исследования влагопроводности менее длителен и трудоемок, чем прежние методы.

В заключение следует сказать, что применение разработанной методики способствует получению новых данных о влагопроводности древесины и позволяет расширить имеющиеся сведения в этой области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Лыков. Теория сушки. Госэнергоиздат, 1950. [2]. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1952. [3]. П. С. Серговский. О механизме движения влаги в древесине при конвективной сушке. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1954. [4]. П. С. Серговский. Влагопроводность древесины. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 2, 1955.

Поступила в редакцию.  
24 сентября 1966 г.

УДК 674.093 : 658

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ПОДАЧИ БРУСА В ЛЕСОПИЛЬНУЮ РАМУ

**Н. С. КРУТИКОВ**

(Архангельский лесотехнический институт)

Выпускаемый в настоящее время впередирамный рольганг ПРД-24 позволяет полностью ликвидировать применение физического труда при подаче бруса в лесопильную раму второго ряда. Рамщику остаются функции осмотра и установки (при помощи манипуляторов) каждого бруса перед его распиловкой. Ведутся работы по совершенствованию устройства в направлении автоматизации операций под контролем рабочего.

При проектировании окружную скорость роликов рольганга не рассчитывают в зависимости от технологического задания и конструктивных факторов, а принимают на основании опытных данных, так как в литературе нет теоретического обоснования этого вопроса. В связи с этим возможно снижение производительности потока в целом из-за несоответствия пропускной способности рольганга и лесопильной рамы.

Правильная организация лесопильного потока основана на синхронной работе всех участков потока. Поэтому при расчете рольганга необходимо исходить из равенства величин рабочего цикла станка — лесопильной рамы  $T_{лр}$  и цикла транспортного механизма — рольганга  $T_{тр}$  или из превышения первой величины над второй

$$T_{лр} \leq T_{тр}. \quad (1)$$

При работе без межторцовых разрывов рабочий цикл лесопильной рамы можно разделить на время распиловки части бруса с начала распиловки до момента разжима прижимного ролика рольганга  $t_{бр}$  и на время распиловки свободного от прижима конца бруса  $t_{ск}$

$$T_{лр} = t_{бр} + t_{ск}. \quad (2)$$

Продолжительность рабочего цикла рольганга складывается из следующих операций:

$$T_{тр} = t_{всп} + t_{под} + t_{тр}, \quad (3)$$

где  $t_{всп}$  — время вспомогательных операций по подготовке бруса к распиловке (включает в себя время по загрузке бруса на рольганг с последней секции брусоперекладчика, по центрированию бруса по поставу, а также время по прижиму и разжиму бруса прижимным роликом), если они не совмещены по времени с транспортированием бруса;

$t_{под}$  — время подачи бруса рольгангом до подающих вальцов лесопильной рамы;

$t_{тр}$  — время поддержания бруса рольгангом с начала распиловки до момента разжима прижимного ролика рольганга.

Выразив значения  $T_{лр}$  и  $T_{тр}$  через их составляющие и учитывая, что  $t_{бр} = t_{тр}$ , уравнение (1) можно записать в следующем виде:

$$t_{всп} + t_{под} \leq t_{ск}. \quad (4)$$

Как видно из уравнения (4), непрерывность распиловки брусев в станке будет обеспечена, если время распиловки свободного конца бруса будет равно (или больше) времени подготовительных операций к распиловке.

На рис. 1 дана схема положений бруса (I — в конце рольганга за лесопильной рамой первого ряда; II — на последней секции брусоперекладчика; III — на рольганге перед лесопильной рамой второго ряда; IV — в лесопильной раме второго ряда).

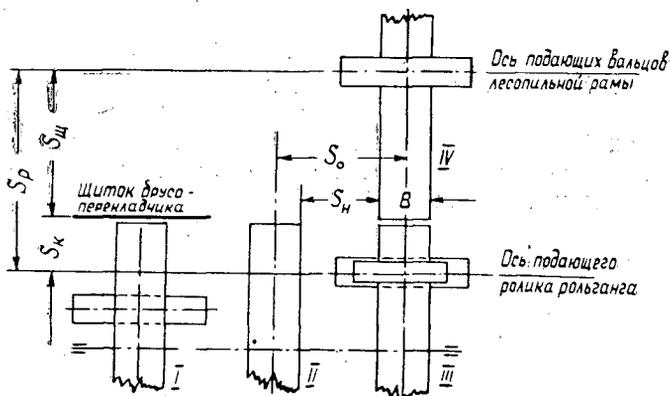


Рис. 1.

Выразим величины времени  $t_{под}$  и  $t_{ск}$  через отношения расстояния  $S_{ш}$  и  $S_p$  (рис. 1) к скоростям подачи бруса  $V_d$  и распиловки  $U_p$  соответственно и подставим их значения в уравнение (4). Тогда получим

$$\frac{S_{ш}}{V_d} + t_{всп} \leq \frac{S_p}{U_p}, \quad (5)$$

где  $S_{ш}$  — расстояние от оси передних подающих валцов лесопильной рамы второго ряда до щитка брусоперекладчика;

$S_p$  — расстояние между осью передних подающих валцов лесопильной рамы второго ряда и осью прижимного ролика рольганга.

Уравнение (5) решаем относительно скорости подачи бруса в бревнопильный станок. В результате получим формулу для определения необходимого оптимального значения  $V_d$  в зависимости от конструктивных и технологических факторов

$$V_d \geq \frac{S_{ш} U_p}{S_p - t_{всп} U_p}. \quad (6)$$

При выборе оптимальной величины  $V_d$  в формуле (6) следует учитывать наибольшие значения для  $U_p$  и  $t_{всп}$ .

Выражение (6) можно представить в следующем виде:

$$V_d = K_y \cdot U_p, \quad (7)$$

где  $K_y$  — коэффициент увеличения скорости рольганга относительно скорости распиловки (зависит от конструктивных и технологических факторов участка);

$$K_y \geq \frac{S_{\text{ц}}}{S_p - t_{\text{всп}} U_p} \quad (8)$$

Из уравнения (6) видно, что между величинами  $V_d$  и  $t_{\text{всп}}$  существует прямо пропорциональная зависимость. Величина  $t_{\text{всп}}$  может быть сокращена при большей степени совмещения подготовительных операций с операциями транспортирования бруса и дальнейшей механизации и автоматизации установки бруса по центру постова.

На Архангельском ЛДК им. В. И. Ленина перед лесопильными рамами второго ряда имеются цепные перекладчики типа ПРД 2-2 и рольганги (собственного изготовления) для подачи брусьев.

Нами были проведены хронометражные наблюдения по определению средней величины времени операций центрирования бруса по постова и прижима бруса прижимным роликом подающего устройства.  $t'_{\text{всп}}$  для брусьев, выпиленных из бревен различного диаметра. Результаты наблюдений обработаны методами математической статистики. По вычисленным средним результатам наблюдений составлен график (рис. 2) зависимости времени не перекрытой транспортированием операции подготовки бруса к распиловке в лесораме второго ряда от диаметра распиливаемых бревен.

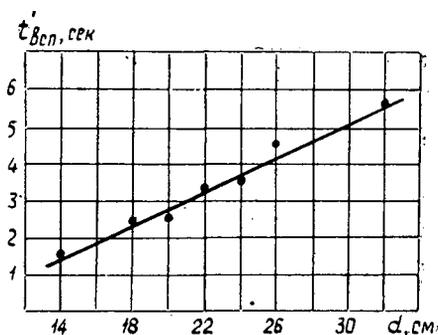


Рис. 2.

Аналитическая зависимость в пределах наблюдений выражается следующей формулой:

$$t'_{\text{всп}} = 0,22d - 1,6 \text{ сек},$$

где  $d$  — диаметр распиливаемых бревен, см.

Значение  $t_{\text{всп}}$  получается при добавлении к величине  $t'_{\text{всп}}$  времени навалки бруса на рольганг с последней секции брусоперекладчика.

Если совместить все подготовительные к распиловке операции (включая навалку бруса на рольганг) по времени с транспортированием бруса, то величина  $t_{\text{всп}}$  будет равна нулю и  $K_y$  будет иметь наименьшее значение

$$K_y \geq \frac{S_{\text{ц}}}{S_p}.$$

В рольганге ПРД-24 расстояние  $S_p$  между осью передних подающих вальцов лесопильной рамы и осью подающего ролика рольганга принято равным 2000 мм для лесорам типа РД-75 и 1800 мм для рам типа РД-50. Эти величины приняты из условия распиловки без прижима примерно одной трети бруса.

Для правильной организации работы на участке перед лесорамой второго ряда важное значение имеет выбор величины  $S_{ш}$ . Расстояние установки щитка-упора рольганга за лесорамой первого ряда от оси подающих вальцов лесорамы второго ряда можно подсчитать из следующей зависимости:

$$S_{ш} = S_p - (t_p + t_n) U_p, \quad (9)$$

где  $t_p$  — время разжима бруса прижимным роликом рольганга;

$t_n$  — время навалки (загрузки) бруса с последней секции брусо-перекладчика на рольганг перед лесорамой второго ряда.

Для исключения удара загружаемого бруса на рольганг о конец допиливаемого бруса в лесопильной раме в формуле (9) следует учитывать наименьшие возможные значения  $t_p$ ,  $t_n$  и  $U_p$ .

В качестве примера использования формулы (6) определим скорость подачи бруса в бревнопильный станок при следующих конструктивных и эксплуатационных факторах:  $S_p = 1700$  мм,  $S_{ш} = 1000$  мм,  $U_{рmax} = 0,225$  м/сек (лесопильная рама типа РД-75-2),  $t_{всп} = 5$  сек.

$$V_d \geq \frac{S_{ш} U_p}{S_p - t_{всп} U_p} = 0,39 \text{ м/сек.}$$

Таким образом, для данных конкретных условий распиловки и транспортирования значение скорости подачи бруса, равное или большее 0,39 м/сек, обеспечит непрерывность подачи брусьев в станок без межторцовых разрывов.

Поступила в редакцию  
6 июня 1967 г.

УДК 634.0.865

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛИДИСПЕРСНОСТИ  
ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ЧАСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ  
ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ

Н. Я. СОЛЕЧНИК, Л. Н. НАТКИНА, Л. И. ЛИХАЧЕВА

(Ленинградская лесотехническая академия)

При получении древесных пластиков без добавления связующих древесину подвергают воздействию тепла, водяных паров и давления, в результате чего происходит гидролитическое расщепление углевод-лигнинного комплекса, гидролиз низкомолекулярных полисахаридов — гемицеллюлоз и, вполне вероятно, частичная деструкция целлюлозы. Последняя, естественно, отражается на физико-механических свойствах конечного продукта — пластика, и в случае чрезмерной деструкции целлюлозы механическая прочность пластика может снижаться.

Наша работа посвящена изучению изменений полидисперсности целлюлозной части древесины в процессе получения древесного пластика по следующей принятой технологической схеме: пропарка березовых опилок (отходы фанерного производства) влажностью 50% при температуре 180°С в течение 1 часа; сушка гидролизованных опилок при 80°С до влажности 2—4%; прессование пластиков при 150°С, давлении 150 кг/см<sup>2</sup> и времени выдержки 1 мин/мм толщины пластика.

Полученные по описанной схеме древесные пластики имели объемный вес 1,44—1,45 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при статическом изгибе 650 кг/см<sup>2</sup> (среднее значение из 10 образцов) и водопоглощение за 24 часа 3,4%.

Исходные и гидролизованные опилки, а также порошок из пластиков, полученный путем измельчения последних и просеивания через сито с диаметром отверстий 1 мм, экстрагировали горячей водой и спирто-бензольной смесью и анализировали. Результаты сведены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные служат наглядным доказательством гидролитического расщепления легкогидролизуемой углеводной части древесины в процессе переработки ее на пластик. Наряду с уменьшением количества пентозанов увеличивается содержание веществ, растворяющихся в горячей воде, благодаря гидролитической деструкции их продуктов.

В процессе пропаривания древесины и дальнейшей переработки ее на пластик содержание основных компонентов древесины — целлюлозы и лигнина не изменяется. Несмотря на количественное постоянство, можно предположить, что в указанных условиях обработки целлюлоза претерпевает существенные качественные изменения, а именно, изменение степени ее полимеризации и молекулярного веса.

Так как выделение целлюлозы из древесины под воздействием химических реагентов связано со значительными изменениями степени полимеризации (СП) клетчатки, то в начальной стадии за объект ис-

Таблица 1

Компоненты и функциональные группы	Исходные березовые опилки	Опилки, гидролизованные при 180°С в течение 1 часа	Пластики из гидролизованных опилок
Вещества, экстрагируемые горячей водой, %	3,45	17,46	24,57
Вещества, экстрагируемые спирто-бензольной смесью, %	3,10	16,74	14,90
pH водной вытяжки	5,45	4,00	4,20
Лигнин, %	20,01	18,26	19,73
Вещества, осаждаемые фтороглюцином в солянокислой среде и пересчитанные на пентозаны, %	29,65	3,66	6,64
Холоцеллюлоза, %	63,50	46,68	49,23
Состав холоцеллюлозы:			
целлюлоза, %	43,70	43,09	45,54
пентозаны, %	19,80	3,01	3,13
лигнин, %	0,00	0,58	0,56
Ацетильные и формильные группы, %	6,88	1,79	2,90
Полиуроновые кислоты, %	5,60	1,56	2,42
Метоксильные группы, %	7,75	6,63	6,13
Зольность, %	—	1,96	2,30

следования была принята холоцеллюлоза, являющаяся суммой всех углеводов древесины.

В соответствии со стадиями технологического процесса препараты холоцеллюлозы были выделены из исходных березовых и гидролизованных опилок и из измельченного в порошок пластика после их предварительной экстракции горячей водой (при модуле 1:10 в течение 3 час при нагревании на водяной бане) и спирто-бензольной смесью 1:1 (в аппарате Соклета).

Из проэкстрагированных образцов исходного материала препараты холоцеллюлозы выделяли методом обработки перуксусной кислотой [3] и высушивали при 105°С до влажности 5—7%. После предварительного анализа на содержание лигнина и пентозанов (табл. 1) их растворяли, переосаждали и фракционировали с применением кадмий-этилендиаминового комплекса.

Основанием для проведения этих работ послужили исследования Л. С. Болотниковой, С. Н. Данилова, Т. И. Самсоновой, Винка, Фукса и Джайме по применению кадмий-этилендиаминового комплекса для фракционирования целлюлозы [1], [2], [4], [5].

После переосаждения холоцеллюлозы, выделенной из исходных опилок, содержание пентозанов в ней снизилось с 19,80 до 4,72%; в двух других препаратах и до переосаждения холоцеллюлозы содержание

Таблица 2

Переосажденная целлюлоза из исходных опилок			Переосажденная целлюлоза из гидролизованных опилок			Переосажденная целлюлоза из древесного пластика		
количественное содержание фракций, %	молекулярный вес	СП	количественное содержание фракций, %	молекулярный вес	СП	количественное содержание фракций, %	молекулярный вес	СП
35,7	297900	2170	66,63	76800	660	24,74	61800	490
18,2	309000	2240	11,74	84600	660	14,11	68400	540
10,9	266100	1890	2,33	65600	520	12,85	77500	610
26,2	111700	910	9,37	11800	104	36,45	27400	230

пентозанов не превышало 3%. Малое количество пентозанов и следы лигнина характеризовали выделенные после переосаждения препараты как целлюлозную часть древесины.

Результаты изменений полидисперсности целлюлозной части древесины в процессе получения древесного пластика представлены в табл. 2.

Приведенные в этой таблице показатели не претендуют на абсолютные значения. Из табл. 2 видно, что в гидролизованной древесине появляются фракции с пониженной СП. При последующей переработке древесины на пластик наблюдается новое перераспределение фракций с незначительным снижением степени полимеризации в одних случаях и некоторым повышением в других. Можно предполагать, что это результат отсутствия воды (которая необходима при гидролизе) и наличия конденсационных и полимеризационных процессов (протекающих в стадии горячего прессования пластика).

Большое количество фракции с низкой степенью полимеризации (230) способствует ускоренному старению пластика, что нужно учитывать при дальнейшей разработке технологии изготовления и определения области применения данного типа пластика.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. С. Болотникова, Т. И. Самсонова. ЖПХ, XXXIV, 3, 1961, стр. 659—62. [2]. Л. С. Болотникова, С. Н. Данилов, Т. И. Самсонова. ЖПХ, XXXIV, 11, 1961, стр. 2578—79. [3]. Н. Haas, W. Schoch, I. Schrele. Das Papier, Heft 19/20, 1955. [4]. G. Jayme, K. Neuschäffer. Die Makromolekulare Chemie, 24,1, 71, 1957. [5]. H. Vink. Svensk. Papperstidning, 2, 50, 1961.

Поступила в редакцию  
7 июля 1966 г.

УДК 547.992.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЛИГНИНА В СМЕСИ СО ЩЕЛОЧЬЮ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ

А. Н. ЗАВЬЯЛОВ, С. С. ФРОЛОВ

(Ивановский химико-технологический институт)

Обычно окисление лигнина кислородом проводили в щелочном водном растворе или расплаве [2]. Как показали наши исследования, лучшие результаты получаются при окислительном расщеплении лигнина в твердой фазе [1].

Цель настоящей работы — изучение особенностей и основных закономерностей процесса направленного окисления лигнина в твердой фазе и отработка оптимального режима окисления.

### *Методика работы*

В качестве основного объекта для исследований был взят древесный технический серноокислый гидролизный лигнин (промышленный отход), содержащий (%): лигнина Класона 62; влаги 4,8; золы 2,2; смолы 4,7; серной кислоты 0,3; метоксилов 10,3. Измельченный исходный лигнин хорошо окислялся без предварительной очистки его от примесей. Для создания щелочной среды применяли едкий калий или едкий натр. Окислителем служил атмосферный воздух.

Твердую смесь лигнина и щелочи (щелочной модуль 1—5) окисляли на специальной лабораторной установке, позволяющей определять отдельно выход твердых, жидких и газообразных продуктов, а также качественный и количественный состав газообразных продуктов. Выход индивидуальных продуктов определяли следующим образом. Твердую массу, состоящую из калиевых или натриевых солей органических кислот, после окисления растворяли в воде и фильтрацией отделяли продукты, не растворимые в щелочи (углистый остаток). В аликвотной части фильтрата после подкисления фосфорной кислотой определяли летучие жирные кислоты путем отгонки с водяным паром.

Основную часть раствора нейтрализовали соляной кислотой и выделившуюся двуокись углерода собирали в газометр. Выход ее рассчитывали по объему и плотности при нормальных условиях. Выпавший при нейтрализации окисленный лигнин отфильтровывали, промывали водой и сушили в вакууме при 40°С. Раствором хлористого бария в кипящем фильтрате осаждали щавелевую, янтарную и бензолполикарбонные кислоты. После отделения бариевых солей из фильтрата извлекали эфиром ароматические кислоты, которые после отгонки растворителя сушили в вакууме при 40°С. В безводных бариевых солях определяли содержание щавелевой кислоты путем титрования раствором перманганата калия и бария весовым методом. О суммарном содержании янтарной и бензолполикарбонных кислот судили по разнице между навеской бариевых солей и определенных в них щавелевой кислоты и бария.

Процентный выход продуктов окисления рассчитывали на абс. сухой лигнин.

### *Результаты и их обсуждение*

Скорость направленного окисления лигнина в твердой фазе обуславливается, в основном, диффузией кислорода в частицы лигнина. Скорость окислительного распада зависит также от температуры окисления, природы исходного лигнина, влажности реакционной массы, концентрации кислорода и др. Степень окислительного распада лигнина

зависит от продолжительности окисления, вида щелочи и ее количества.

Температура окисления. Начальная температура окисления ограничивается температурой плавления реакционной массы, зависящей от содержания влаги в смеси. Было установлено, что окислительная деструкция лигнина начинается при влажности реакционной смеси не выше 20%. При таком содержании влаги едкий натр плавится при температуре около 100°С, а едкий калий — около 140°С. Если реакционная масса расплавится, то преобладающим процессом становится щелочной гидролиз, а процесс окисления почти полностью прекращается. Таким образом, начальная температура окисления должна быть несколько ниже температуры плавления исходной смеси. Увеличение содержания высокоплавких компонентов смеси в результате деструкции лигнина позволяет интенсифицировать процесс путем постепенного повышения температуры (0,2°С/мин). Степень окислительного распада лигнина увеличивается с повышением температуры до 200°С (рис. 1).

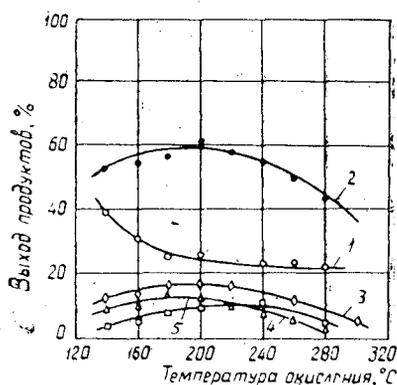


Рис. 1. Влияние температуры окисления на выход низкомолекулярных продуктов деструкции лигнина.

1 — остаток лигнина; 2 — шавелевая кислота;  
3 — летучие кислоты в пересчете на уксусную  
4 — ароматические кислоты; 5 — сумма  
янтарной и бензолполикарбоновых кислот.

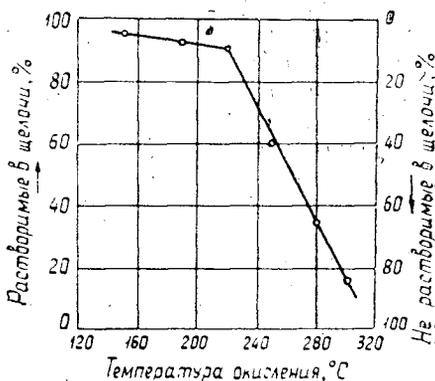


Рис. 2. Фракционный состав остатка после окисления лигнина при различных температурах.

Выход кислот при дальнейшем повышении температуры снижается. Это вызвано тем, что при температуре выше 200°С наряду с окислением лигнина происходит его обугливание, о чем свидетельствует рост содержания в остатке лигнина веществ, не растворимых в щелочи (рис. 2).

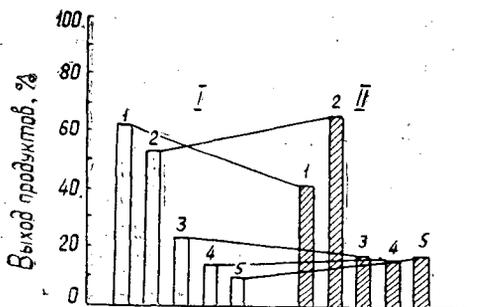


Рис. 3. Результаты окисления лигнина сухим (I) и влажным (II) воздухом.

1 — углекислота; 2 — шавелевая кислота;  
3 — остаток лигнина; 4 — летучие кислоты  
в пересчете на уксусную; 5 — ароматические  
кислоты.

Влажность реакционной массы. Как показали исследования, максимальная скорость окислительного распада лигнина наблюдается при содержании воды в смеси 14—18%. В ходе окисления влажность реакционной смеси снижается вследствие испарения воды и в результате непосредственного участия ее в химических реакциях. Потери влаги частично компенсируются появлением воды в результате взаимодействия кислых продуктов деструкции лигнина со щелочью. Непрерывное восполнение потерь воды способствует повышению выхода кислот и увеличению степени распада лигнина. Так, присадка к воздуху водяного пара при прочих одинаковых условиях окисления увеличивает выход щавелевой кислоты в 1,2 раза, ароматических кислот — в 1,7 раза (рис. 3). Условия процесса значительно смягчаются, о чем свидетельствует снижение выхода углекислоты в 1,5 раза.

Щелочной реагент при окислении лигнина применяли для того, чтобы направить процесс в сторону образования карбоновых кислот. Кроме того, присутствие щелочи значительно повышает способность лигнина поглощать кислород. Для этой цели оказались пригодными лишь едкий калий и едкий натр (табл. 1); в случае применения

Таблица 1

Щелочной реагент	Выход продуктов окисления, %				
	остаток лигнина	летучие кислоты в пересчете на уксусную	щавелевая кислота	ароматические продукты	углекислота
KOH	15,36	14,50	67,20	17,66	41,70
NaOH	31,95	18,91	33,10	7,01	52,00
Ca(OH) <sub>2</sub>	92,30	0,84	0	0,42	3,22
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	56,10	—	0	0,42	—
Na <sub>2</sub> S	82,40	—	0	—	—
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	—	5,20	0	1,57	—
NaOH+KOH (7:3)	15,70	16,22	67,05	14,72	49,43

едкого натра выход кислот ниже. Смесь едкого натра и едкого калия в отношении 7:3 так же эффективна, как и гидроокись калия.

Щелочной модуль. Чем больше этот модуль, тем выше степень окислительного распада лигнина (рис. 4) и тем больше выход

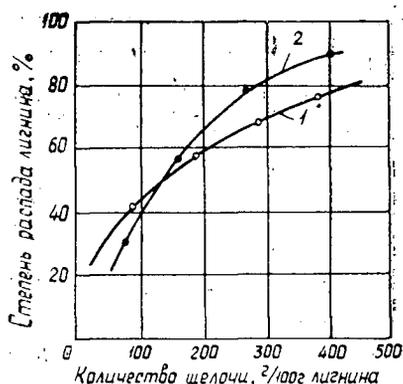


Рис. 4. Влияние количества 100%-ной щелочи на степень окислительного распада лигнина.

1 — NaOH; 2 — KOH.

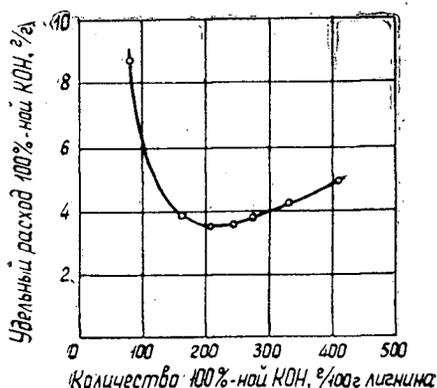


Рис. 5. Удельный расход 100%-ной гидроокиси калия на единицу выхода кислот при различном соотношении лигнина — щелочь.

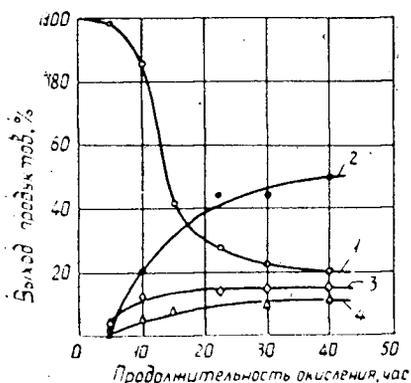


Рис. 6. Кинетические кривые накопления продуктов окислительной деструкции лигнина при 120°С.

1 — остаток лигнина; 2 — щавелевая кислота;  
3 — летучие кислоты в пересчете на уксусную;  
4 — ароматические кислоты.

карбоновых кислот. При содержании гидроокиси калия, равном весу лигнина, степень распада лигнина не превышает 40%, а суммарный выход кислот 25%, тогда как при четырехкратном количестве щелочи эти величины увеличиваются соответственно до 90 и 100%. Наиболее целесообразен щелочной модуль 2—2,5, так как в этом случае удельный расход щелочи на 1 г полученных кислот наименьший (рис. 5).

Продолжительность окисления обуславливается скоростью процесса окислительной деструкции лигнина, зависящей от ряда факторов, из которых наибольшее влияние оказывает температура. При 120°С максимумы на кривых выхода кислот и минимум на кривой изменения количества нерасщепленного лигнина достигаются лишь через 40 час (рис. 6). Постепенное повышение температуры от 120 до 200°С интенсифицирует процесс и сокращает продолжительность его до 6—7 час.

Концентрация кислорода. В случае окисления лигнина воздухом с постоянным содержанием кислорода концентрация окислителя определяется скоростью потока воздуха, которую во всех опытах поддерживали постоянной. Для выяснения влияния концентрации окислителя на скорость и степень распада лигнина были испробованы 100%-ный кислород и воздух, обогащенный кислородом (табл. 2).

Таблица 2

Условия опыта			Выход продуктов, %					
окислитель	температура, °С	продолжительность, час	остаток лигнина	летучие кислоты	щавелевая кислота	янтарная кислота	ароматические кислоты	углекислота
Воздух	120—200	7,0	12,71	14,28	69,11	5,35	9,97	42,43
Воздух, обогащенный кислородом 1:1 (объемы)	120—200	5,5	11,93	16,18	74,25	—	9,67	42,70
Кислород	93	Реакционная смесь воспламеняется						
"	85	7,5	68,30	14,28	Следы	3,92	7,77	5,18

Лигнин не удалось окислить кислородом при температурном режиме, поддерживаемом в случае окисления воздухом, так как при 93°С реакционная смесь воспламенялась. Процесс окисления лигнина кислородом при более низких температурах идет сравнительно медленно.

Так, при 85° С в течение 7,5 час окисления распадается лишь 30% лигнина. Применение воздуха, обогащенного кислородом, положительно сказывается на процесс: сокращается продолжительность окисления и несколько повышается степень распада лигнина.

Баланс элементов и воды. Использование специально оборудованной установки и применение надежных химических методов анализа позволили провести балансовые опыты по окислению лигнина с точным учетом количества исходных и полученных продуктов. Эти опыты легко воспроизводимы. Исходя из количества взятых и полученных продуктов, а также из их элементарного состава, были составлены балансы элементов (углерода, водорода, кислорода). Балансы показали, что в продуктах деструкции содержится водорода больше, чем в исходном лигнине, а количество кислорода превышает суммарное количество его в лигнине и присоединенное из воздуха. Соотношение излишков водорода и кислорода оказалось равным элементарному составу воды, что свидетельствует об участии последней в химических реакциях, проходящих при окислении лигнина. Установлено, что химически связывается не менее 50% кислорода и 16—18% воды (от веса безводного лигнина). Примерно 55—60% исходных элементов распределяется в карбоновых кислотах, остальная часть — в углекислоте, окисленном лигнине, метаноле и газообразных продуктах деструкции.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Завьялов, С. С. Фролов. Авторское свидетельство СССР № 168672 от 179296. [2]. Л. Уайз, Э. Джан. Химия древесины, т. 1, Гослесбумиздат, 1959.

---

Поступила в редакцию  
18 января 1967 г.

УДК 634.0.813.11

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ФИТОСТЕРИНА

**В. Б. НЕКРАСОВА, А. Л. АГРАНАТ, Ф. Т. СОЛОДКИЙ**

(Ленинградская лесотехническая академия, Проблемная лаборатория  
по использованию живых элементов дерева)

В настоящей статье дается краткий обзор работ, ведущихся в ЛТА с 1935 г., по получению фитостерина и некоторые результаты, достигнутые на опытно-промышленных установках.

Изучая состав сульфатного мыла отечественных комбинатов [8], мы наряду с получением жирных и смоляных кислот разрабатывали методы выделения стеринов, смесь которых с кристаллическими веществами мыла называют фитостерином [10], [11], [12]. Были разработаны два способа выделения фитостерина: один — экстракцией мыла скипидаром [7], другой — непосредственно кристаллизацией из спиртового раствора мыла [9]. В конце 40-х годов в ЦНИЛХИ, а в 50-х годах — также на Сегежском комбинате [1] началась разработка способов использования сульфатного мыла. В настоящее время имеются три отечественных метода переработки сульфатного мыла с получением фитостерина, из которых способ ЛТА проверен в производстве, а остальные прошли лабораторные испытания.

Вопросами выделения фитостерина из отечественного сульфатного мыла и изучением его состава мы занимаемся уже в течение многих лет [3]—[12]. Получаемая по способу ЛТА стериновая фракция сульфатного мыла — фитостерин-сырец представляет собой смесь твердых высокомолекулярных спиртов (стерины, алифатические спирты) с примесью натриевых солей смоляных и жирных кислот (твердые мыла). Фитостерин, выделенный из сульфатного мыла, можно применять в качестве сырья для синтеза стероидных гормонов, для производства антисклеротического препарата бета-ситостерина, а также для приготовления мазей, кремов, эмульсий [2], [3].

Исследования состава фитостерина показали различное содержание стеринового компонента не только в сульфатном мыле разных целлюлозно-бумажных комбинатов, но и в одной и той же производственной партии мыла [3], [4], [5]. Содержание твердых мыл в фитостерине-сырце колеблется довольно значительно — от 20 до 50% [5], [6].

Для совершенствования технологического процесса выделения фитостерина по способу ЛТА и получения техно-экономических показателей при проектировании промышленных цехов в апреле 1964 г. была смонтирована и пущена опытно-промышленная установка [5].

Процесс получения фитостерина состоит из следующих технологических операций: растворение при 50°С сульфатного мыла в спирте в соотношении 1:2 или 1:1,5; декантация горячего спирто-водного раствора сульфатного мыла с осадка — «отвала»; кристаллизация фитостерина в течение 72 час из раствора, охлажденного до 13—15°С; отделение фитостерина от раствора; регенерация растворителя из отработанного спирто-водного раствора сульфатного мыла. В начале освоения установки отвал-загрязнители сульфатного мыла отделяли в каждом производственном цикле на центрифуге типа ТН-800 фильтрацией горячего раствора, находящегося в конусной части растворника. Фитостерин от маточного раствора отделяли на той же центрифуге че-

рез 72 часа. Полученный фитостерин сушили в токе теплого воздуха на сушилке полочного типа при 40—50° С. Из маточного спирто-мыльного раствора растворитель регенерировали на установке периодического действия, снабженной насадочной колонной для одновременного его укрепления. Кубовой остаток — облагороженное сульфатное мыло, лишенное дурного запаха и загрязнителей, поступал в цех получения таллового масла. Нами получены производственные показатели работы установки в 1964 г.: загрузка сульфатного мыла 500 кг; влажность мыла 35—37%; крепость спирта в спирто-водном растворе 68—73%; сухой остаток в растворе 20—30%. Средние данные за 4 месяца (с августа по ноябрь): выход сухого фитостерина-сырца с одной загрузки 8,10 кг; содержание стерина 3,33% к сухому мылу; выход фитостерина-сырца 2,57% к сухому сульфатному мылу; выход фитостерина обезмыленного 1,54% к сухому мылу, или 47% от исходного содержания стерина в сульфатном мыле, или около 4,8 кг с одной загрузки; количество (% к сухому фитостерину-сырцу) твердых мыл 40, стеринового компонента (по разности) 60.

С апреля по декабрь 1964 г. на установке было получено 300 кг фитостерина, но это далеко неполное выделение, что объясняется способностью спирто-водных растворов сульфатного мыла растворять некоторое количество фитостерина. Размер этой способности был определен нами на практике при анализе отработанных производственных спирто-мыльных растворов и равнялся примерно 1% в пересчете на сухое сульфатное мыло. Это и есть постоянный не извлекаемый нашим способом остаток фитостерина в отработанном мыле.

В практической работе выход фитостерина из сульфатного мыла по способу ЛТА можно вычислить по формуле

$$x = \frac{(a - 1) b (100 - c)}{10\,000},$$

где  $a$  — содержание фитостерина в сульфатном мыле, % к сухому мылу;  $b$  — количество сырого сульфатного мыла, кг;  $c$  — влажность мыла, %;  $x$  — выход фитостерина, кг;  $l$  — неизвлекаемый остаток фитостерина, % к сухому сульфатному мылу.

По этой формуле находим, что с одной загрузки сульфатного мыла при содержании в нем 3,3% фитостерина возможен выход стерина в количестве 7,3 кг, а не 4,8 кг, как было получено на установке. Таким образом, фитостерина было извлечено значительно меньше возможного и нужно было искать причины этого.

При работе установки в 1965 г. мы стремились повысить выход фитостерина путем дополнительной кристаллизации маточных растворов [6] в результате увеличения ее продолжительности на 72 часа, снижения концентрации спирта в растворах от 68 до 65% и понижения температуры кристаллизации маточников от 15 до 10—12° С.

В начале освоения установки потери растворителя были очень велики и происходили, главным образом, при фильтрации растворов на центрифуге. В табл. 1 показаны потери растворителя по отдельным технологическим операциям [5], [6].

При дополнительной кристаллизации маточных растворов потери растворителя незначительно возрастают из-за потери с дополнительно полученным фитостерином (1,6 кг спирта на загрузку) и испарения при холодной фильтрации раствора (14,3 кг спирта на загрузку в пересчете на 100%-ный спирт) [6]. Общие потери растворителя от основной и дополнительной кристаллизации составляют 7,05% к загруженному количеству спирта. В период освоения установки наибольшие потери растворителя наблюдались в процессе фугования на центрифуге, так как последняя не была приспособлена для работы с летучими растворителями. После уплотнения крышки и загрузочного отверстия корпуса центрифуги потери растворителя резко снизились, чему способствовало и то, что скорость фильтрации раствора удалось повысить до 390 л/час подбором фильтрующего полотна (хлориновая ткань арт. 2097).

Проведение операции «отделение отвала» (один раз на четыре загрузки) позволило в четыре раза сократить потери растворителя при фуговании горячего раствора [6].

Т а б л и ц а 1

Технологическая операция	Потери спирта	
	в пересчете на 100%-ный спирт, кг	% к загруженному количеству
Загрузка сульфатного мыла и спирта	—	—
Растворение сульфатного мыла в спирте	1,65	0,20
Фильтрация отвала	37,33	4,29
Кристаллизация	10,30	1,26
Центрифугирование фитостерина-сырца	—	—
Регенерация спирто-водного раствора сульфатного мыла	41,40	4,79
	18,32	2,25
	24,60	3,00
	13,50	1,65

Примечание. В числителе данные для периода освоения установки (1964 г.), в знаменателе — для периода установившейся работы (1965 г.).

В период освоения установки регенерация спирта из отработанных маточников проходила с небольшими потерями — до 3% к загружаемому количеству растворителя (процесс усложняется вспениванием мыла). В 1965 г. при более тщательной отгонке растворителя от кубового остатка эта потеря сократилась до 1,6% [5], [6]. Таким образом, за период работы установки суммарную потерю растворителя удалось снизить более чем в три раза и довести ее до 8 кг на 1 кг стерина.

Результаты работы на опытно-промышленной установке получения фитостерина показали, что этот технологический процесс, в основном, освоен, но его следует уточнить и наметить возможности существенных улучшений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Агранат. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Разработка способа получения фитостерина из сульфатного мыла и выяснение возможности применения данного способа в сульфат-целлюлозной промышленности СССР. Изд. ЛТА, 1961. [2]. А. П. Матюшкина, В. Н. Петронио, Н. Ф. Комшилов, А. И. Катаев. Стерины из таллового лека. Журн. «Бумажная промышленность» № 2, 1958. [3]. Отчет Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева, т. 1, ЛТА, 1962. [4]. Отчет Проблемной лаборатории по использованию живых элементов дерева, т. 1, ЛТА, 1963. [5]. Отчет НИСа ЛТА по теме № 1232 «Помощь при внедрении на ЦБК «Кехра» цеха получения фитостерина из сульфатного мыла по способу ЛТА», 1964. [6]. Отчет НИСа ЛТА по теме № 1308 «Исследования по дальнейшему усовершенствованию метода ЛТА получения фитостерина совместно с ЦБК «Кехра», 1965. [7]. Ф. Т. Солодкий. Авторское свидетельство № 48963 на способ переработки таллового мыла на талловое масло и фитостерин. Комитет по изобретательству при СТО, 1936. [8]. Ф. Т. Солодкий. О составе сульфатного мыла и приемах его использования. Сборник ЛТА под редакцией проф. Н. И. Никитина, 1938. [9]. Ф. Т. Солодкий. Авторское свидетельство на изобретение № 56075 на способ очистки сульфатного мыла. Зарегистрировано в Бюро последующей регистрации изобретений Госплана при СНК СССР, 1939. [10]. Ф. Т. Солодкий. Состав и пути использования сульфатного мыла. Журн. «Бумажная промышленность» № 2, 1941. [11]. Ф. Т. Солодкий. Фитостерин сульфатного мыла. Журн. «Бумажная промышленность» № 1, 2, 1946. [12]. Ф. Т. Солодкий, А. Л. Агранат. Сульфирование и хроматографирование в применении к анализу сульфатного мыла. Труды ЛТА № 69, 1950. [13]. А. М. Халецкий. Использование стерина сульфатного мыла для синтеза стероидных гормонов. Журн. «Бумажная промышленность» № 10, 1957.

УДК 547.914

## ПОЛУЧЕНИЕ СМОЛЫ ИЗ СОСНОВЫХ ПНЕЙ

В. А. ЛЯМИН, К. И. ЗИМИНА

(Ленинградская лесотехническая академия)

Мы получали смолу методом газификации на опытной установке ЛТА\*.

Для опытов были использованы болотные сосновые пни, доставленные с одного из торфопредприятий Ленинградской области. После разделки сырые пни ( $W = 55-60\%$ ) измельчали в рубильной машине ДР-3. Щепка имела средний вес по абс. сухой древесине 2,5 г. Элементарный состав болотного осмола был следующим (%): углерода 49,18; водорода 6,80; кислорода 42,52; золы 1,50.

При анализе средней пробы газифицируемой щепы было найдено в пересчете на абс. сухую древесину (%): целлюлозы по азотноспиртовому методу 42,84; лигнина по серноокислотному методу 26,80; веществ, растворимых в серном эфире, 11,02; веществ, растворимых в горячей воде, 4,23; веществ, растворимых в спирто-бензольной смеси, 12,42; пентозанов 6,02; уроновых кислот 2,30; метоксильных групп 5,44; редуцирующих веществ, полученных при гидролизе 4% серной кислоты (при 100°С) 14,50; галактана 0,85; маннана 4,11. Скипидара в осмоле не обнаружено. Щепу сушили на открытом воздухе (под навесом). За опыт было переработано 400 кг щепы влажностью 12,5%. Насыпной вес щепы 156 кг/м<sup>3</sup>; производительность газогенератора по абс. сухой древесине 22 кг/час. Интенсивность горения топлива по абс. сухой щепе 175 кг/м<sup>2</sup>час. Газ, выходящий из газогенератора, по ходу процесса частично охлаждался в скруббере-холодильнике, а затем обессмоливался в центробежном смолоотделителе. Сырой газ сжигали в топке. Выход суммарного конденсата достигал 173 кг/н.л.м<sup>3</sup>, в том числе отстойной смолы, предварительно промытой горячей водой, 95 кг/н.л. м<sup>3</sup>\*\*.

Средняя проба газа из горловины газогенератора имела следующий состав (%): CO<sub>2</sub> — 8,7; CO — 26,2; CH<sub>4</sub> — 1,9; H<sub>2</sub> — 9,7; O<sub>2</sub> — 0,6; N<sub>2</sub> — 52,9. Средняя температура сырого генераторного газа по газопроводящей системе (°С): 121 — в горловине газогенератора; 82 — после скруббера-холодильника; 57 — после смолоотделителя. Содержание конденсата в очищенном газе после смолоотделителя 200 г/н.л.м<sup>3</sup>.

Газогенераторные конденсаты из скруббера-холодильника и смолоотделителя разогревали до 80°, смешивали, отстаивали; при этом было получено суммарной жижки 35%, суммарной всплывной смолы 65%. В суммарной жижке найдено (%): летучих кислот (уксусная) 4,2; растворимой смолы 50,5; спирта метилового 0,10; эфиров (ацетат) 0,36; других органических веществ 3,09. Удельный вес этой жижки 1,209 г/см<sup>3</sup>.

\* В. А. Лямин. Получение смолы-мягчителя для регенерации резины. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 1963.

\*\* В 1 л.л. м<sup>3</sup> абс. сухой щепы содержится 450 кг смолы.

При анализе суммарной всплывной смолы получены следующие результаты (%): содержание летучих кислот (уксусная) 1,34; влажность смолы 12,0. Удельный вес смолы  $1,105 \text{ г/см}^3$ . В конденсате, выделенном с помощью лабораторной установки из очищенного газа, найдено (%): летучих кислот (уксусная) 2,79; смолы растворимой 0,85; спирта метилового 0,60; эфиров (метилацетат) 1,10. Удельный вес конденсата  $1,013 \text{ г/см}^3$ .

В табл. 1 приведены данные об элементарном составе органических продуктов, содержащихся в газогенераторных конденсатах.

Таблица 1

Конденсат	С, %	Н, %	О, %
Суммарная жижка	41,3	8,9	49,8
Смола (всплывная)	84,3	9,1	6,6
Очищенный газ	61,0	6,8	32,2

Основные показатели по выходам продуктов (в пересчете на абс. сухую щепу) при газификации щепы следующие: расход дутья 0,81; выход газа  $1,30 \text{ н.м}^3/\text{кг}$ .

Выход жидких продуктов (от веса абс. сухой щепы, %): летучих кислот в пересчете на уксусную 1,67; метилового спирта 0,20; эфиров в пересчете на метилацетат 0,40; водорастворимой смолы 10,3; нерастворимой (всплывной) смолы 18,3; реакционной воды 19,1%.

Выходы летучих кислот, метилового спирта и эфиров оказались низкими, в связи с чем утилизация этих продуктов вряд ли экономически целесообразна. Суммарный выход смолы при газификации щепы составлял 28,6%; при этом количество растворимой смолы, содержащейся в жижке, равно 6,8%, всплывной — 21,8%. Фактический выход растворимой смолы оказался большим (10,3%). Эта смола частично удерживается всплывной, поэтому при замерах конденсатов был зафиксирован пониженный выход растворимой смолы. При промывке всплывной смолы горячей водой 16% ее растворилось.

Приведенные данные показывают, что из болотного осмола получают газогенераторную отстойную смолу с высоким выходом. Выход растворимой смолы из этого осмола меньше, чем из древесины хвойных пород (в последнем случае выход составляет до 15% и более).

В табл. 2 приведены данные материального баланса опыта, в табл. 3 — данные теплового баланса.

Из табл. 2 видно, что большая часть абс. сухой древесины превратилась в жидкие продукты.

Данные теплового баланса (табл. 3) указывают, что большая часть полезно получаемой тепловой энергии переходит в жидкие продукты и меньшая — в газ.

Из материального и теплового балансов следует, что для данного вида древесного сырья газогенератор может служить аппаратом для получения главным образом жидких продуктов, а не газа.

Для сравнения выходов продуктов, получаемых при термическом разложении болотного осмола в шахте газогенератора и в лабораторной реторте, было проведено 4 опыта сухой перегонки щепы средней влажностью 14,0%. Применяли лабораторную реторту (емкостью 4 л), нагреваемую с помощью электрической печи до  $500^\circ \text{C}$ .

Парогазы, выходящие из реторты, охлаждали в конденсаторе-холодильнике, а затем газ очищали в ватном фильтре и промывалке. Охлажденный и очищенный газ направляли в газовый счетчик.

Таблица 2

Статьи баланса	С, кг	Н, кг	О, кг	Н, кг	А (зола), кг
Приход					
Щепа абс. сухая . . . . .	43,0	5,95	37,24	—	1,31
Влага щепы . . . . .	—	1,39	11,11	—	—
Дутье . . . . .	—	—	22,80	75,0	—
<b>Итого</b>	<b>43,0</b>	<b>7,34</b>	<b>71,15</b>	<b>75,0</b>	<b>1,31</b>
Расход					
Газ . . . . .	22,38	1,36	36,40	75,0	—
Суммарная жижка . . . . .	2,84	1,13	7,63	—	—
Суммарная всплывная смола . . . . .	16,33	2,05	3,62	—	—
Конденсат очищенного газа . . . . .	1,45	2,42	18,83	—	—
Зола . . . . .	—	—	—	—	1,31
Невязка . . . . .	—	+0,38	+4,67	—	—
<b>Итого</b>	<b>43,0</b>	<b>7,34</b>	<b>71,15</b>	<b>75,0</b>	<b>1,31</b>

Таблица 3

Статьи баланса	%
Приход	
Высшая теплотворная способность щепы . . . . .	100
Расход	
Высшая теплотворная способность газа . . . . .	33
Высшая теплотворная способность органических веществ, содержащихся:	
в суммарной жижке . . . . .	8
в суммарной отстойной смоле . . . . .	35
в конденсате очищенного газа . . . . .	3
Потери тепла при газификации и невязка . . . . .	21

Таблица 4

Способ пиролиза щепы из болотного осмола	Влажность щепы, %	Выход от веса абс. сухой щепы					
		всплывной и осадочной смолы	растворимой смолы	летучих кислот	метилового спирта	эфиров	реакционной воды
Газификация в газогенераторе ЛТА . . . . .	12,5	18,3	10,3	1,67	0,20	0,40	19,1
Сухая перегонка в лабораторной реторте . . . . .	14,0	15,50*	3,80	2,0	0,40	0,80	22,9

\* В том числе осадочной смолы 7,7%, всплывной 7,8%.

Как видно из табл. 4, выход растворимой смолы при газификации щепы выше примерно в 3 раза, чем при сухой перегонке в реторте, а выход суммарной всплывной и осадочной смол — примерно на 20%. Разница выходов летучих кислот, спирта и эфиров при различных процессах пиролиза не имеет практического значения.

Из приведенных данных видно, что в шахте газогенератора условия разложения щепы более благоприятны.

В результате исследований (табл. 5) было выяснено, что всплывающая газогенераторная смола, промытая горячей водой, по основным решающим показателям отвечает требованиям, предъявляемым техническим условиям к регенераторной смоле.

Таблица 5

Смола	Влажность, %	Механических примесей, %	Удельный вес при 20°C, г/см <sup>3</sup>	Водорастворимых кислот, %	Веществ, не растворимых в бензине, %	Смоляных кислот, %
Регенератная (по техническим условиям)	до 8,0	Не выше 1,0	1,10—1,25	1,5—3,0	36—60	Не ниже 15
Всплывающая, полученная при газификации болотного осмола	4,9—12,0	0,20—0,85	1,048—1,105	1,25—2,30	4,54—13,0	32,5—34,5

Примечание. Смолу влажностью от 8 до 18% не бракуют, но количество ее пересчитывают на 8%-ную влажность.

Эту смолу как мягчитель для производства регенерата испытывали во ВНИИШПе\* и в научно-исследовательской лаборатории одного из заводов. Испытания показали, что газогенераторную смолу из болотного осмола можно рекомендовать для широкого исследования в производственных условиях с целью отработки практической рецептуры.

Образцы сосновой древесины после пропитки их горячей смолой были подвергнуты воздействию дереворазрушающего гриба *Coniophora cerebella*. В результате к концу опытного срока (45 суток) экспериментальные образцы оказались не покрытыми мицелием гриба. Проведенный опыт разведывательный, но он указывает на высокую защитную способность смолы\*\*.

Преимущество газификации (как способа переработки осмола) перед обычным смолокурением в ретортах заключается в том, что газификацию осмола можно полностью механизировать. Исходным сырьем может служить дешевый болотный осмол.

\* Исследование проведено под руководством С. А. Соколова.

\*\* Испытание смолы было произведено сотрудницей кафедры лесоведения ЛТА Р. Ю. Тархановой.

УДК 547.992.3

## К ВИСКОЗИМЕТРИЧЕСКОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАСС ПРЕПАРАТОВ ЛИГНИНА

Р. З. ПЕН

(Сибирский технологический институт)

В основе вискозиметрического определения молекулярной массы полимеров лежит известное уравнение Мерка — Куна — Хувинка

$$[\eta] = K_{\eta} M^a, \quad (1)$$

в котором

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{уд}}{c} = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\ln \eta_{отн}}{c}.$$

Для линейной экстраполяции приведенной вязкости к бесконечному разбавлению наиболее часто используются формулы Хаггинса (2), Крамера (3) и Шульца — Блашке (4)

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = [\eta] + k [\eta]^2 c; \quad (2)$$

$$\frac{\ln \eta_{отн}}{c} = [\eta] + (k - 0,5) [\eta]^2 c; \quad (3)$$

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = [\eta] + k [\eta] \eta_{уд}. \quad (4)$$

Хаггинс [6] показал, что выведенное им из гидродинамической теории Куна выражение

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = \frac{[\eta]}{1 - k [\eta] c}, \quad (5)$$

отражающее зависимость приведенной вязкости от концентрации раствора, эквивалентно полученному эмпирически [11] уравнению Шульца — Блашке. Разложив правую часть формулы (5) по степеням  $[\eta]c$ :

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = [\eta] (1 + k [\eta] c + k^2 [\eta]^2 c^2 + \dots)$$

и ограничившись двумя первыми членами этого ряда, Хаггинс получил общеизвестное уравнение (2), которое является приближением уравнения Шульца — Блашке. Как установил Ибрагим [8], в некоторых случаях это приближение может оказаться недостаточным. Уравнение Крамера [9] — также неадекватное приближение формулы Хаггинса [7].

Из сказанного следует, что экстраполяционные уравнения (2) и (3) можно использовать, если разница в значениях  $[\eta]$ , определенных с помощью выражений (2), (3) и (4), не превышает погрешности эксперимента (последняя как правило составляет около 1%) \*.

\* Некоторые авторы, получая разные значения  $[\eta]$  при использовании различных экстраполяционных уравнений, ошибочно полагают, что эти различия обусловлены погрешностями эксперимента и необоснованно рекомендуют пользоваться для экстраполяции либо выражением Хаггинса, считая его «более теоретически обоснованным», либо совокупностью уравнений Хаггинса и Крамера [1], [3].

Для определения молекулярной массы препаратов лигнина исследователи неоднократно применяли вискозиметрический метод; в большинстве случаев для нахождения характеристической вязкости они пользуются уравнением Хаггинса, а в некоторых случаях вообще не указывают способа экстраполяции. Между тем при изучении лигнина, как будет показано дальше, выбор способа экстраполяции имеет особенно большое значение.

В данной работе сделана попытка оценить погрешности при вычислении молекулярной массы лигнина, если для ее определения пользоваться уравнением (2) вместо (4). В дальнейшем все величины снабжены идексами  $H$  (если для вычисления использовано выражение Хаггинса) и  $S$  (при применении формулы Шульца — Блашке и эквивалентного ей уравнения (5)).

Рассмотрим уравнение Хаггинса в качестве аппроксимирующей функции уравнения (5) в области концентраций  $c_1 \leq c \leq c_2$  при условии приближения по методу наименьших квадратов. Потребовав в соответствии с этим условием, чтобы функция

$$\sigma = \int_{c_1}^{c_2} \left( \frac{[\eta]_S}{1 - k_S [\eta]_S c} - [\eta]_H - k_H [\eta]_H^2 c \right)^2 dc$$

в области  $c_1, c_2$  имела минимальное значение, и приравняв к нулю частные производные от  $\sigma$  по параметрам  $[\eta]_H$  и  $k_H [\eta]_H^2$ , получим систему нормальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial [\eta]_H} \int_{c_1}^{c_2} \left( \frac{[\eta]_S}{1 - k_S [\eta]_S c} - [\eta]_H - k_H [\eta]_H^2 c \right)^2 dc &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial k_H [\eta]_H^2} \int_{c_1}^{c_2} \left( \frac{[\eta]_S}{1 - k_S [\eta]_S c} - [\eta]_H - k_H [\eta]_H^2 c \right)^2 dc &= 0; \end{aligned} \right\}$$

окончательно имеем

$$\left. \begin{aligned} (c_2 - c_1)[\eta]_H + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} k_H [\eta]_H^2 &= \frac{1}{k_S} \ln \frac{1 - k_S [\eta]_S c_1}{1 - k_S [\eta]_S c_2} \\ \frac{c_2^3 - c_1^3}{2} [\eta]_H + \frac{c_2^3 - c_1^3}{3} k_H [\eta]_H^2 &= \frac{1}{k_S^2 [\eta]_S} \ln \frac{1 - k_S [\eta]_S c_1}{1 - k_S [\eta]_S c_2} - \frac{c_2 - c_1}{k_S} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Результаты расчетов\* (на основании выражения (6) при различных значениях  $c_1, c_2, k_S$  и  $[\eta]_S$ ) показали, что при переходе от  $[\eta]_S$  к  $[\eta]_H$  относительная погрешность может быть представлена для каждой области концентраций как функция произведения  $[\eta]_S k_S$ , независимо от значений  $[\eta]_S$  и  $k_S$ .

На рис. 1 приведена зависимость  $\frac{[\eta]_S - [\eta]_H}{[\eta]_S}$  от  $[\eta]_S k_S$  (в логарифмических координатах) для трех областей концентраций. Область 0,003—0,01 г/мл (кривая 1) наиболее удобна для исследования лигнина. Увеличение концентрации более 0,01 г/мл может привести к появлению аномалий вязкости, обусловленных межмолекулярным взаимодействием; при этом увеличивается разница между  $[\eta]_S$  и  $[\eta]_H$  (кри-

\* Вычисления производили с помощью электронно-вычислительной машины М-20. Для получения надежных результатов при употреблении выражения (6) необходима высокая точность расчетов (не менее 7—8 десятичных знаков).

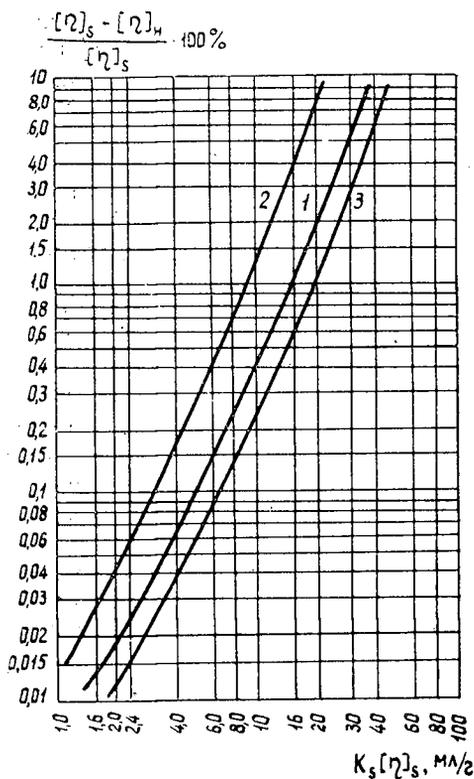


Рис. 1.

вая 2, область концентраций 0,003—0,02 г/мл). Уменьшение нижнего предела концентраций позволяет приблизить  $[\eta]_H$  к  $[\eta]_S$  (кривая 3).

Таблица 1

Препарат	Растворитель	$[\eta]_H,$ мл/г	$k_H$	$\frac{[\eta]_S - [\eta]_H}{[\eta]_S} \times 100\%$	$\frac{M_S - M_H}{M_S} \times 100\%$	Ссылка на литературу.
Лигнин Бьеркмана (ель)	Диоксан — вода (9:1)	5,41	5,65	5,8	32,9	[2]
" "	Пиридин	7,63	0,22	0,015	0,003	[10]
Лигнин Бьеркмана (лиственница)	Диоксан — вода (9:1)	6,12	4,30	4,0	23,8	[2]
Диоксанлигнин (ель)	Диоксан — вода (9:1)	5,74	2,96	1,4	8,99	*
" (осина)	Пиридин	7,28	0,45	0,04	0,25	[10]
Алкалилигнин (нефракционированный)	Водный бикарбонатный буфер (рН=9,65)	10,5	2,02	2,4	7,32	[4]
Алкалилигнин (высокомолекулярная фракция)	"	20,8	1,36	4,8	14,2	[4]
Алкалилигнин (низкомолекулярная фракция)	"	3,30	6,88	2,8	8,45	[4]

\* Данные Р. З. Пена и И. Л. Шапиро.

область 0,001—0,01 г/мл), однако при больших разбавлениях увеличиваются технические погрешности эксперимента; кроме того, при концентрациях ниже 0,003 г/мл также иногда наблюдаются аномальные отклонения, связанные, по-видимому, с сильной разветвленностью макромолекулы лигнина, а в некоторых случаях — с проявлением полиэлектролитического эффекта.

Приведенные на рис. 1 данные использованы для оценки погрешностей, допускаемых при экстраполяции, применительно к некоторым препаратам лигнина (табл. 1; область концентраций 0,003—0,01 г/мл).

Из приведенных в таблице данных видно, что в большинстве случаев погрешность при определении характеристической вязкости, обусловленная неадекватностью экстраполяционных уравнений, значительно превышает погрешности эксперимента.

Игнорирование различий в значениях  $[\eta]_S$  и  $[\eta]_H$  может привести к существенным ошибкам при вычислении молекулярных масс по результатам вискозиметрических измерений. В термодинамическом отношении макромолекула лигнина в растворе занимает промежуточное положение между компактной сферической моделью Эйнштейна и Гауссовской моделью хаотически свернутого клубка [5], [10], вследствие чего зависимость характеристической вязкости лигнина от ее молекулярной массы проявляется весьма слабо. Это, в свою очередь, обуславливает большие различия значений  $M_S$  и  $M_H$  даже при сравнительно небольших расхождениях в величинах  $[\eta]_S$  и  $[\eta]_H$ . Для оценки этих различий можно воспользоваться выражением

$$\frac{[\eta]_H}{[\eta]_S} = \frac{kM_H^a}{kM_S^a}$$

или

$$\frac{M_S - M_H}{M_S} = 1 - \left( \frac{[\eta]_H}{[\eta]_S} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (7)$$

При расчетах значение  $a$  в выражении (7) принимали равным 0,32 для алкаллилигнина [5] и 0,15 для остальных препаратов лигнина [10].

Величины  $\frac{M_S - M_H}{M_S}$  приведены в табл. 1. Результаты вычислений показали, что ошибки в определении средневязкостной молекулярной массы, обусловленные применением разных экстраполяционных уравнений для нахождения характеристической вязкости, могут быть весьма значительными, достигая в отдельных случаях 33%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. С. Болотникова, Т. И. Самсонова. ЖПХ, 38, 2299, 1965. [2]. И. Л. Шапиро, Ю. С. Пилипчук, Р. З. Пен. Журн. «Химия природных соединений» № 2, 1967. [3]. А. И. Шатенштейн и др. Практическое руководство по определению молекулярных весов и молекулярно-вещного распределения полимеров. «Химия», М.—Л., 1964, стр. 21. [4]. P. R. Gupta, D. A. I. Goring. Can. J. Chem., 38, 248, 1960. [5]. P. R. Gupta, D. A. I. Goring. Can. J. Chem., 38, 270, 1960. [6]. M. L. Huggins. J. Am. Chem. Soc., 64, 2716, 1942. [7]. F. Ibrahim, H. G. Elias. Makromol. Chem., 76, 1, 1964. [8]. F. W. Ibrahim. J. Polymer Sci., A3, 469, 1965. [9]. E. O. Kraemer. Ind. Eng. Chem., 30, 1200, 1938. [10]. A. Rezanowich, W. Q. Ye an, D. A. I. Goring. Sv. Papperst., 66, 141, 1963. [11]. G. V. Schulz, F. Blaschke. J. Prakt. Chem., 158, 130, 1941.

УДК 676.2.052.4/7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПОТОКОВ В ТЕПЛОУЛОВИТЕЛЯХ БУМАЖНЫХ МАШИН

В. Б. КУНТЫШ, Ф. М. ИОХВЕДОВ

(Ленинградский технологический институт ЦБП)

При сушке бумажного полотна и картона в сушильной части машины выделяется значительное количество тепла, которое отводят в теплоуловители и используют для прогрева приточного воздуха. Величина коэффициента теплопередачи теплоуловителя в значительной степени зависит от скоростей потоков агентов, проходящих через него. Проектируя новый теплоуловитель, необходимо рассчитать величину отношения скоростей потоков, при которой коэффициент теплопередачи будет максимальным при прочих равных условиях.

Рассмотрим решение данного вопроса применительно к теплоуловителю, схема которого приведена на рис. 1. В горизонтальном направлении движется подогреваемый воздух, в вертикальном греющая среда — влажный горячий воздух (смесь). Подробное описание теплоуловителя и теплотехнический расчет его приведены в литературе [2].

В одной из работ [1] показано, что оптимальное отношение скоростей потоков можно определить путем графического исследования энергетического коэффициента, который в нашем случае имеет вид

$$E = \frac{K}{N_B + N_C}, \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент теплопередачи теплоуловителя,  $\frac{вт}{м^2 \cdot град}$ ;

$$K = \frac{\alpha_B \alpha_C}{\alpha_B + \alpha_C}.$$

Коэффициенты теплоотдачи от смеси к стенке  $\alpha_C$  и от стенки к воздуху  $\alpha_B$  можно определить по формуле Нуссельта — Гребера [2]

$$\alpha = 22,5 \left( \frac{d_3}{l} \right) 0,05 \frac{\lambda}{d_3} \left( \gamma \frac{WC_p d_3}{\lambda} \right)^{0,79} \frac{вт}{м^2 град}, \quad (2)$$

где  $d_3$  — эквивалентный диаметр, м;

$l$  — длина канала, м;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности,  $\frac{вт}{м \cdot град}$ ;

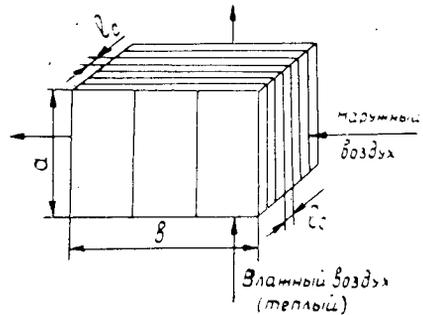


Рис. 1.

$W$  — скорость среды, м/сек;  
 $\gamma$  — удельный вес среды, кг/м<sup>3</sup>;  
 $C_p$  — теплоемкость среды, дж/кг·град.

Для теплоуловителя, изображенного на рис. 1, с достаточной точностью можно принять, что по воздушной стороне эквивалентный диаметр  $d_3 = 2l_b$ , а по стороне смеси  $d_3 = 2l_c$ ; для воздуха длина канала  $l = b$ , а для смеси  $l = a$ .

Подставим значения коэффициентов теплоотдачи в выражение коэффициента теплопередачи; после преобразований получим

$$K = \frac{AW_b^{0,79} W_c^{0,79}}{AW_b^{0,79} + BW_c^{0,79}}, \quad (3)$$

где  $A = 20,2 b^{-0,05} l_b^{-0,16} \lambda_b^{0,21} C_{p,b}^{0,79} \gamma_b^{0,79}$ ;

$B = 20,2 a^{-0,05} l_c^{-0,16} \lambda_c^{0,21} C_{p,c}^{0,79} \gamma_c^{0,79}$ .

Затраты мощности (по воздушной стороне  $N_b$  и по стороне смеси  $N_c$ ) рассчитывают по формуле [1]

$$N = \frac{\Delta P V}{F} \frac{8m}{m^2},$$

где  $V$  — расход среды, м<sup>3</sup>/сек;

$F$  — поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>.

Потери напора по сторонам теплоуловителя определяют следующим образом:

$$\Delta P = \frac{0,028 W^2 \gamma}{d_3} \left( \frac{\mu}{W d_3 \gamma} \right)^{0,25} l \frac{n}{m^2},$$

где  $\mu$  — вязкость среды, н·сек/м<sup>2</sup>.

Поверхность теплообмена  $F = nab$ .

Расход воздуха

$$V_b = l_b a W_b \frac{n}{2};$$

расход смеси

$$V_c = l_c b W_c \frac{n}{2},$$

где  $n$  — число каналов теплоуловителя.

Выражение суммарных затрат мощности окончательно имеет вид

$$N_b + N_c = CW_b^{2,75} + DW_c^{2,75}, \quad (4)$$

где  $C = 0,00688 \mu_b^{0,25} \gamma_b^{0,75} l_b^{-0,25}$ ;

$D = 0,00688 \mu_c^{0,25} \gamma_c^{0,75} l_c^{-0,25}$ .

Подставив формулы (3) и (4) в выражение (1), получим зависимость энергетического коэффициента от скоростей потоков

$$E = \frac{AW_b^{0,79} BW_c^{0,79}}{ACW_b^{3,54} + ADW_b^{0,79} W_c^{2,75} + BDW_c^{3,54} + BCW_c^{0,79} W_b^{2,75}}. \quad (5)$$

Нам необходимо найти отношение скоростей потоков. Выражение (5) можно представить как функцию двух переменных. Исследуем ее на максимум

$$E = f(W, \varphi),$$

где  $W$  — скорость рабочей среды;  
 $\varphi$  — отношение скоростей потоков

$$\varphi = \frac{W_B}{W_C}$$

Разделив знаменатель и числитель выражения (5) на произведение  $W_B^{0,79} W_C^{0,79}$  и вынося в знаменателе величину  $W_C^{1,96}$  за скобки, получим

$$E = \frac{AB}{W_C^{1,96} (AC\varphi^{2,75} + AD + BD\varphi^{-0,79} + BC\varphi^{1,96})} \quad (6)$$

Взяв частную производную от равенства (6) и приравняв ее к нулю, а также учитывая, что выражение  $AB W_C^{1,96} \neq 0$ , получим окончательное уравнение оптимального отношения скоростей потоков

$$\varphi_{\text{опт}}^{3,54} + 0,714S\varphi_{\text{опт}}^{2,75} - 0,287L = 0, \quad (7)$$

где  $S = \frac{B}{A} = \left(\frac{b}{a}\right)^{0,05} \left(\frac{l_B}{l_C}\right)^{0,16} \left(\frac{\lambda_C}{\lambda_B}\right)^{0,21} \left(\frac{C_{p,c}}{C_{p,B}}\right)^{0,79} \left(\frac{\gamma_C}{\gamma_B}\right)^{0,79}$ ;

$$L = \frac{BD}{AC} = \left(\frac{b}{a}\right)^{0,05} \left(\frac{l_B}{l_C}\right)^{0,41} \left(\frac{\lambda_C}{\lambda_B}\right)^{0,21} \left(\frac{C_{p,c}}{C_{p,B}}\right)^{0,79} \left(\frac{\gamma_C}{\gamma_B}\right)^{1,54} \left(\frac{\mu_C}{\mu_B}\right)^{0,25}$$

Решив уравнение (7) методом последовательных приближений при выбранных геометрических размерах теплоуловителя и физических параметрах рабочих сред, получим  $\varphi_{\text{опт}} = 0,538$ .

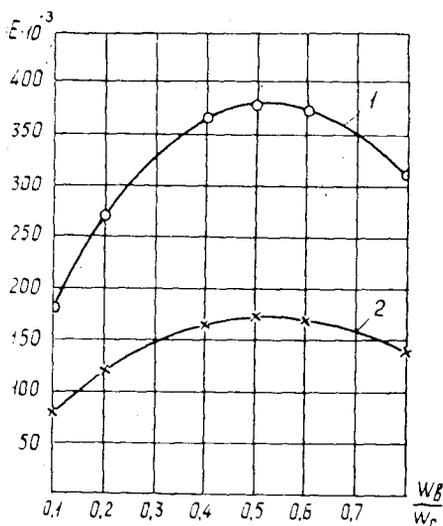


Рис. 2. Зависимость  $E$  от  $\frac{W_B}{W_C}$  при  $P_B = P_C = 760$  мм рт. ст.  
 1 — скорость смеси  $W_C = 10$  м/сек;  
 2 —  $W_C = 15$  м/сек.

Все физические параметры в формулах выбирают по средним температурам. На рис. 2 построены графики  $E = f\left(\frac{W_B}{W_C}\right)$ , рассчитанные по равенству (6).

Из этого рисунка видно, что при различных скоростях смеси оптимальное соотношение  $\varphi_{\text{опт}}$  имеет одно и то же значение.

Все расчеты произведены при следующих данных: средняя температура воздуха  $t_{\text{в,ср}} = 10^\circ\text{C}$ , средняя температура смеси  $t_{\text{с,ср}} = 50^\circ\text{C}$ ; влажность воздуха 70%, влажность смеси 80%, габариты теплоуловителя  $a \times b = 1,88 \times 2,91$  и  $l_{\text{в}} = 0,016$  м,  $l_{\text{с}} = 0,018$  м.

Величину  $\varphi_{\text{опт}}$ , равную 0,538, получили, исходя из значения скорости смеси. Принимая заранее значения скорости воздуха, из выражения (5) аналогичным путем получим уравнение оптимального отношения скоростей потоков

$$\varphi_{\text{опт},1}^{3,54} - 2,48M\varphi_{\text{опт},1}^{0,79} - 3,48L = 0, \quad (8)$$

где  $M = \frac{D}{C} = \left(\frac{\mu_{\text{с}}}{\mu_{\text{в}}}\right)^{0,25} \left(\frac{\gamma_{\text{с}}}{\gamma_{\text{в}}}\right)^{0,75} \left(\frac{l_{\text{в}}}{l_{\text{с}}}\right)^{0,25}$ .

Решая уравнение (8), при тех же данных получаем  $\varphi_{\text{опт},1} = 1,59$ .

В практических расчетах оптимального отношения скоростей потоков следует пользоваться уравнением (7), так как подставляя значения  $\varphi_{\text{опт}}$  и  $\varphi_{\text{опт},1}$  в выражение (5), получим максимальное значение энергетического коэффициента при  $\varphi_{\text{опт}} = 0,538$ . Это значит, что при прочих равных условиях металлоемкость теплоуловителя и затраты мощности на него будут минимальны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Антуфьев, Е. К. Гусев. Определение оптимальных скоростей двухстороннего газового потока по энергетическим характеристикам. Труды Ленинградского технологического института ЦБП, выпуск 11, 1963. [2]. Н. А. Галочкин. Вентиляция предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Гослесбумиздат, 1955.

Поступила в редакцию  
15 сентября 1966 г.

УДК 634.0.813.11

## О КАРБОНИЛЬНЫХ ГРУППАХ ЩЕЛОЧНЫХ ЛИГНИНОВ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, С. Б. ПАЛЬМОВА, Е. Д. ГЕЛЬФАНД

(Проблемная лаборатория Архангельского лесотехнического института)

Карбонильные группы (КГ) — характерные функциональные группы как природного, так и выделенных лигнинов.

Несомненный интерес представляет изучение КГ в щелочных лигнинах, поскольку при щелочной делигнификации древесины возможен ряд реакций лигнина, связанных с новообразованием в нем КГ различных типов и их превращениями. Однако до сих пор систематических исследований по этому вопросу не проводили, хотя ранее было показано [1], что содержание КГ в щелочных лигнинах может значительно варьировать в зависимости от условий варки и может быть необычно высоким для лигнинных веществ.

Нами исследованы КГ щелочных лигнинов в ходе натронных и сульфатных варок. Первым этапом явился подбор наиболее подходящей методики определения общих КГ, что и изложено в данной статье.

В качестве аналитического метода определения КГ лигнина нами использована модификация недавно предложенного метода оксимирования солянокислым гидросиламином в среде органического основания — триэтанолamina [6]. Этот метод имеет, по нашему мнению, ряд преимуществ перед другими, применяемыми в последнее время в химии лигнина (оксимирование в кислой среде или восстановление боргидридом натрия [7], [9]): большая скорость и точность определения, высокая воспроизводимость результатов и простота в исполнении.

Предварительно метод был апробирован на гваяцилэтилкетоне, моделирующем одну из типичных карбонилсодержащих структурных

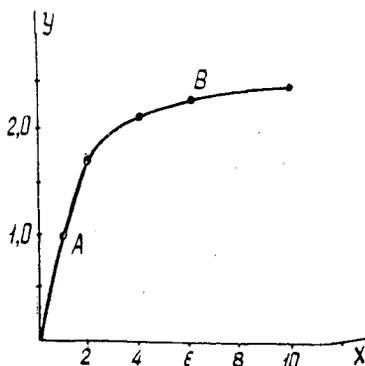


Рис. 1. Зависимость расхода гидросиламина ( $Y$ , мг-экв/г) от времени оксимирования ( $X$ , час) для образца лигнина ПП-64.

единиц лигнина и относящемся [7] в то же время к одному из наиболее трудно оксимирующихся структурных типов. Этот кетон был определен количественно (99,7%) за 2 часа оксимирования, тогда как при

5-часовом оксимировании в кислой среде он определялся лишь на 70%. Затем метод был опробован на образце сульфатного лигнина ПП-64. Для установления оптимального времени оксимирования была изучена кинетика потребления гидроксилamina. Кривая оксимирования (рис. 1) показывает наличие двух характерных зон; быстрого (А) и медленного (В) потребления гидроксилamina.

Мы предположили, что зона медленного потребления гидроксилamina (В) обусловлена его разложением. Поэтому в качестве оптимального времени оксимирования выбрали 2 часа (соответственно точке перегиба на кривой). Сопоставление расхода гидроксилamina при 2-часовой экспозиции с содержанием азота в выделенном оксимированном лигнине показало, что результаты эквивалентны, в то время как при 8-часовой экспозиции расход гидроксилamina превышал содержание азота в лигнине на величину, соответствующую предполагаемому разложению гидроксилamina.

Таблица 1

№ образца	Образец	Найдено карбонильных групп, мг-экв/г
Модельные соединения		
1	Ванилин . . . . .	6,59/6,58
2	Гваяцилэтилкетон . . . . .	5,50/5,55
3	Ацетованилон . . . . .	5,99/6,03
4	Хингидрон . . . . .	9,12/9,16
Лигнины		
5	Сульфатный ПП-64 . . . . .	1,78
6	ПП-64, обработанный по Браунсу . . . . .	0,92
7	ПП-64, дважды переосажденный из щелочного раствора . . . . .	0,70
8	ПП-64, экстрагированный серным эфиром . . . . .	1,52
9	Сульфатный ПВ-12-61 . . . . .	1,54
10	Фракция ПВ-12-61, растворимая в холодном спирте . . . . .	1,64
11	Фракция ПВ-12-61, не растворимая в холодном спирте . . . . .	2,75
12	Фракция ПВ-12-61, полученная из образца 11 экстракцией горячим спиртом . . . . .	1,52
13	Фракция ПВ-12-61, не растворимая в горячем спирте . . . . .	3,75
14	Сульфатный ПП-61 . . . . .	1,54
15	ПП-61, фенолированный при 70° в течение 18 час . . . . .	0,83
16	" " при 100° " " . . . . .	0,76
17	" " при 130° " " . . . . .	0,63
18	" " при 160° " " . . . . .	0,63
19	Ультразвуковой лигнин ели . . . . .	1,15
20	Диоксанлигнин ели, извлеченный по Хергерту [10] . . . . .	0,98
21	Медноаммиачный лигнин ели . . . . .	1,58
22	Лигнин ели, выделенный диметилсульфоксидом [2] . . . . .	1,45
23	Технический гидролизный лигнин, освобожденный от смолистых веществ и полисахаридов по Вильштеттеру [5] . . . . .	1,38
24	Азотнокислотный лигнин ели . . . . .	1,93

Примечание. Образцы 21 и 23 не растворимы в оксимирующей смеси. Образцы 10—13 охарактеризованы в одной из работ [4]. Ультразвуковой лигнин ели предоставлен доц. кафедры органической химии Томского политехнического института Л. А. Першиной. Ацетованилон предоставлен руководителем лаборатории ИОХ АН СССР доктором хим. наук Н. Н. Шорыгиной. Для образцов 1—4 в знаменателе дано теоретически вычисленное содержание КГ.

В отдельном опыте было установлено, что триэтаноламин в условиях оксимирования не взаимодействует с лигнином.

Для установления полноты определения КГ в образце ПП-64 при 2-часовом оксимировании содержание КГ было определено другим независимым методом по приросту содержания гидроксидов\* (за счет исчерпывающего восстановления КГ в образце боргидридом натрия). Полученный результат составил 1,88 мг-экв/г в сравнении с результатом оксимирования 1,78 мг-экв/г.

Отработанная таким образом методика была применена нами для анализа ряда образцов лигнинов и модельных веществ; полученные результаты сведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, карбонильные группы в модельных соединениях определяются количественно. Содержание КГ в щелочном лигнине существенно зависит от его обработки (образцы 5—8), поэтому для получения сопоставимых результатов различные щелочные лигнины должны быть подготовлены к анализу одним и тем же методом.

Данные для образцов 10—13 показывают, что в отдельных фракциях тиолигнина содержание КГ сильно колеблется — от 1,52 до 3,75 мг-экв/г. Поскольку последний результат (для образца 13) — необычно высок для лигнинных веществ, то мы предприняли специальную проверку этого результата аналогично той, которая была сделана для образца ПП-64, а именно, наряду с определением КГ по расходу гидроксилamina нашли еще КГ по связанному азоту и по приросту гидроксильных групп при восстановлении образца боргидридом натрия. Все три полученных результата хорошо сходились между собой (содержание КГ по расходу гидроксилamina — 3,75 мг-экв/г, по связанному азоту — 3,70 мг-экв/г, по приросту гидроксильных групп — 3,35 мг-экв/г).

Данные анализа КГ в фенолированных тиолигнинах (образцы 15—18) показывают, что в результате обработки фенолом содержание КГ в лигнине значительно снижается; при этом температура обработки существенно не влияет на результат.

Лигнины, выделенные из древесины нещелочными способами (образцы 19—24), содержат, за исключением диоксанлигнина, почти столько же КГ, сколько тиолигнин, выделенный из производственного черного щелока. Результат определения КГ в диоксанлигнине хорошо согласуется с литературными данными [8] по содержанию КГ в лигнине Бьеркмана (к которому диоксанлигнин более близок по сравнению с другими исследуемыми образцами).

Полученные результаты позволяют считать выбранную методику определения КГ пригодной для анализа щелочных лигнинов.

### Экспериментальная часть

Методика определения карбонильных групп лигнина. Около 80 мг исследуемого лигнина помещали в пробирку и растворяли в 2 мл чистого диметилсульфоксида, который не должен содержать кислотных примесей. Добавляли 5 мл оксимирующей смеси, представляющей собой 0,2 н. раствор по солянокислому гидроксилмину и 0,08 н. раствор — по триэтанолмину в чистом 95%-ном этиловом спирте (таким образом, к навеске исследуемого лигнина добавляли десятикратный молярный избыток солянокислого гидроксилamina и пятикратный избыток триэтанолamina). После добавления оксимирующей смеси воздух из пробирки вытесняли азотом\*\*.

\* Общее содержание гидроксидов определяли по Верлею в нашей модификации [3].

\*\* Установлено, что некоторые образцы лигнина при анализе без вытеснения воздуха дают сильно завышенные результаты.

Закрытую пробирку нагревали на водяной бане в течение 2 час при  $80 \pm 2^\circ \text{C}$ . По истечении этого времени избыток триэаноламина оттитровывали потенциметрически 0,1н. соляной кислотой до значения  $\text{pH} = 3,3$  [6] на рН-метре ЛП-58 со стеклянным и насыщенным каломельным электродами.

Параллельно ставили холостую пробу (расход гидроксилamina в ней был незначительным).

Расхождение для образцов лигнина в параллельных определениях составляло в среднем около 2,5%.

Исследуемые образцы лигнина. Образцы ПП-61, ПВ-12-61 и ПП-64 представляют собой среднюю пробу опытно-промышленных партий, выработанных на Соломбальском комбинате в 1961 и 1964 гг.

Лигнины выделяли из полуупаренного черного шелока действием 30%-ной серной кислоты при  $80^\circ \text{C}$ . При подготовке к анализу лигнины освобождали от водорастворимых веществ 2-часовым кипячением с дистиллированной водой при гидромодуле 40, а от смолистых — экстракцией петролевым эфиром.

Образцы фенолированных лигнинов получены путем обработки тиолигнина ПП-61 в течение 18 час смесью фенола с диоксаном (3:1) в присутствии 1%  $\text{HCl}$  при модуле по фенолу  $\sim 2$  и при 70, 100, 130 и  $160^\circ \text{C}$  соответственно. После такой обработки образцы выделяли из фенолдиоксанового раствора путем высаживания в подкисленную воду, тщательно промывали и высушивали под вакуумом.

### Выводы

1. Для систематических изучений карбонильных групп щелочных лигнинов подобрана удобная методика определения этих групп, дающая достаточно точные и хорошо воспроизводимые результаты.

2. Показано, что содержание карбонильных групп в щелочных лигнинах зависит от условий их выделения и подготовки к анализу.

3. Подтверждены ранее полученные данные о существовании щелочных лигнинов с необычно высоким содержанием карбонильных групп.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, А. А. Соколова. Побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства. ГЛБИ, 1962. [2]. Б. Д. Богомолов, О. П. Алексеева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1962. [3]. Б. Д. Богомолов, Е. Д. Гельфанд, М. Ф. Берензон. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1963. [4]. Е. Д. Гельфанд, Б. Д. Богомолов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1966. [5]. Е. Д. Гельфанд, Б. Д. Богомолов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1967. [6]. В. А. Климова, К. С. Забродина. ЖАХ, XV, 6, 1960, стр. 724—730. [7]. E. Adler, J. Marton. Acta Chem. Scand., 13, 1959, 127—137. [8]. E. Adler. Papperi ja Puu, 11, 1961, 634. [9]. J. Gieger, S. Söderberg. Acta Chem. Scand., 13, 1959, 75—96. [10]. H. Hergert. J. Org. Chem., 1960, 405.

Поступила в редакцию  
23 февраля 1967 г.

УДК 634.0.79

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**ОБ ОТРАСЛЕВЫХ НОРМАТИВАХ ОТЧИСЛЕНИЙ ОТ ПРИБЫЛИ  
В ФОНДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ  
ДЛЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****В. М. КОЖИН**

(ЦНИИМЭ)

Перевод ремонтных предприятий на новые условия планирования и экономического стимулирования возможен в том случае, если уровень рентабельности и прибыли достаточен для внесения в бюджет платы за производственные фонды и процентов за банковский кредит, образования фондов экономического стимулирования и покрытия плановых затрат. С этой целью при разработке новых оптовых цен на продукцию машиностроения и капитальный ремонт лесозаготовительного оборудования по всем видам промышленной продукции предусмотрен именно такой уровень рентабельности и прибыли.

При переводе предприятий на новые методы планирования и экономического стимулирования необходима разработка научно обоснованных нормативов отчислений от прибыли в фонды материального поощрения, социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, развития производства. Для ремонтных предприятий, производящих капитальный ремонт одного и того же оборудования, установление оптимальных размеров отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования имеет особенно важное значение, так как себестоимость ремонта единицы оборудования на разных заводах сильно колеблется, а оптовые цены определены, исходя из среднеотраслевого ее уровня.

Новые оптовые цены на капитальный ремонт лесозаготовительного оборудования учитывают через поправочные коэффициенты различия в географическом расположении ремонтных предприятий. Следовательно, природные условия не будут оказывать влияния на уровень рентабельности ремонтных предприятий. Некоторые колебания могут вызываться различиями в уровне организации и специализации производства, в степени механизации трудовых процессов и т. д. Среднеотраслевые оптовые цены на капитальный ремонт призваны способствовать ликвидации указанных различий.

Необходимо разработать отраслевые нормативы отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования для машиностроения и металлообработки как специализированной подотрасли лесной промышленности. Последние указания сводятся к тому, что независимо от подчиненности машиностроительные и ремонтные предприятия лесной промышленности будут переводиться на новую систему по особым нормативам отчислений от прибыли в фонды предприятия. Например, для комбината или объединения в целом будут применяться разные нормативы, установленные отдельно для лесозаготовительных, лесосплавных, ремонтных, деревообрабатывающих и других предприятий.

При разработке отраслевых нормативов отчислений для предприятий машиностроения и металлообработки необходимо знать размер от-

числений в фонды в процентах от общего фонда заработной платы и стоимости основных производственных фондов (для фонда развития производства), распределение размеров отчислений между стимулируемыми показателями, темпы роста объемов реализации продукции (или прибыли) на перспективный период, плановый уровень рентабельности на перспективный период в целом по всем предприятиям данной отрасли (подотрасли).

Размеры отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования определены, исходя из планового уровня общей рентабельности, заложенной в новых оптовых ценах, а также распределения прибыли по отдельным направлениям. Эти отчисления составили: в фонд материального поощрения — 7,3% от фонда заработной платы всего персонала; в фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства — 2,6% от этого же фонда; в фонд развития производства — 1,5% от среднегодовой стоимости основных производственных фондов.

Для машиностроительных и ремонтных предприятий наиболее целесообразно в качестве стимулируемых показателей принять рост объема реализации по сравнению с предыдущим годом и плановый уровень расчетной рентабельности. Для предприятий, расположенных в районах, где ремонтный фонд остается постоянным, целесообразно использовать показатель роста объема прибыли по сравнению с предыдущим годом.

Наиболее устойчивым, отражающим все стороны работы предприятия, является показатель рентабельности производства, поэтому при расчете нормативов отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования принято следующее распределение отчислений по стимулируемым показателям (табл. 1).

Таблица 1

Фонды	Отчисления в фонды	
	за уровень расчетной рентабельности	за рост объема реализации (или прибыли)
Материального поощрения . . . . .	4,4	2,9
Социально-культурных мероприятий и жилищного строительства . .	1,6	1,0
Развития производства . . . . .	0,9	0,6

Таким образом, отчисления в фонды за уровень расчетной рентабельности составляют 60%, а за рост реализации (или объема прибыли) — 40%. Плановый уровень расчетной рентабельности определяется как отношение плановой суммы балансовой прибыли, уменьшенной на сумму платы за основные производственные фонды и нормируемые оборотные средства и платежей по процентам за банковский кредит, к планируемой среднегодовой стоимости основных производственных фондов и оборотных средств в пределах норматива. Для определения темпа роста объема реализации продукции в планируемом году по сравнению с предыдущим необходимо отчетные данные предшествующего года пересчитать в соответствии с ценами и методологией, принятой в планируемом году.

Для обоснования темпов роста объема реализации продукции (или объема прибыли) по машиностроению и металлообработке мы использовали проекты планов на 1967—1970 гг. по всем предприятиям этой отрасли Министерства лесной, целлюлозно-бумажной и деревооб-

рабатывающей промышленности СССР и учли дополнительное задание по реализации продукции (прибыли), которое принимается предприятиями при переходе на новые условия работы.

Исходя из этих материалов, темп роста реализации продукции в целом по отрасли на оставшиеся годы пятилетки определен равным 10%.

Плановый уровень расчетной рентабельности по машиностроению и металлообработке для расчета нормативов отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования установлен, исходя из планового уровня общей рентабельности с учетом дополнительного задания по прибыли и обязательных платежей предприятия в бюджет. При общей рентабельности 13,2%, плате за производственные фонды 6%, платежах по процентам за банковский кредит в размере 0,2% от стоимости основных производственных фондов и оборотных средств уровень расчетной рентабельности по отрасли определен равным 7%.

Исходя из размеров отчислений по отдельным показателям, темпов роста объема реализации продукции и планового уровня расчетной рентабельности определяются отраслевые нормативы отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования для предприятий машиностроения и металлообработки (табл. 2).

Таблица 2

Фонды	Рост объема реализации по сравнению с предыдущим годом, %	Размер отчислений в фонды за рост реализации продукции, %	Норматив за 1% роста реализации продукции	Размер отчислений в фонды за уровень расчетной рентабельности, %	Норматив за 1% планового уровня расчетной рентабельности
Материального поощрения . . . . .	10,0	2,9	0,290	4,4	0,628
Социально-культурных мероприятий и жилищного строительства . .	10,0	1,0	0,100	1,6	0,228
Развитие производства . . . . .	10,0	0,6	0,060	0,9	0,128

Эти нормативы позволяют определить сумму отчислений в каждый из фондов как по плану, так и по отчету за тот или иной период в целом по машиностроительным и ремонтным предприятиям отрасли и отдельно по каждому предприятию.

Наибольшие отчисления и материальное вознаграждение получат коллективы тех предприятий, у которых показатели по росту реализации продукции и уровню рентабельности будут выше средних по отрасли (подотрасли). Это позволит более правильно обеспечить общественную оценку результатов их деятельности.

Поступила в редакцию  
18 сентября 1967 г.

УДК 634.0.79

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**П. И. ГОРЫШИН**

(Ленинградская лесотехническая академия)

Осуществляемая в соответствии с решениями Сентябрьского (1965 г.) Пленума ЦК КПСС и XXIII съезда партии хозяйственная реформа призвана усилить заинтересованность коллективов предприятий в улучшении экономических показателей работы и на этой основе обеспечить резкое повышение эффективности производства. Затрагивая практически все стороны деятельности предприятий, она вызывает необходимость нового подхода к решению хозяйственных задач. Определение экономической эффективности мероприятий по освоению новой техники и реконструкции различных производственных объектов — одна из областей хозяйственной деятельности, наиболее сильно затрагиваемых реформой.

В настоящее время оценка экономической эффективности этих мероприятий производится с помощью показателей коэффициента сравнительной эффективности, срока окупаемости или приведенных затрат.

В новых условиях планирования и экономического стимулирования производства оценка экономической эффективности внедрения новой техники и реконструкции объектов на действующих предприятиях по этим показателям становится неприемлемой. Внедрение новой техники, механизация и автоматизация производственных процессов и другие мероприятия по повышению технического уровня предприятий и их расширение будут осуществляться, в основном, за счет средств фонда развития производства и иссуд Госбанка. Фонд развития производства создается из источников, составляющих собственные ресурсы предприятий (прибыль, выручка от реализации выбывших и излишних основных фондов и др.), и поэтому предприятия будут стремиться максимально его экономить, расходуя только на такие мероприятия, которые обеспечивают существенное улучшение экономических показателей производственно-хозяйственной деятельности. Поскольку в качестве основного показателя принят уровень рентабельности производственных фондов, предприятия будут заинтересованы в максимальном его повышении. Вложение средств, не приводящее к повышению уровня рентабельности производственных фондов (если не считать затрат, связанных с необходимостью возобновления полностью физически износившихся элементов основных фондов), будет невыгодным. В этих условиях сопоставление рассчитываемых показателей эффективности мероприятий только с отраслевыми нормативами недостаточно. Оно не характеризует размера эффекта, который может быть получен от внедрения мероприятий для данного предприятия, достигшего тех или других конкретных результатов в работе. Чтобы определить, достаточна ли степень эффективности мероприятия, необходимо рассчитанный по нему показатель эффективности сопоставить с запланированным уровнем рентабельно-

сти производственных фондов предприятия. Плановый уровень рентабельности должен рассматриваться как низший предел эффективности мероприятий, которые могут быть в этом предприятии осуществлены. Мероприятия, которые не обеспечивают степени эффективности, превышающей плановый уровень рентабельности производственных фондов предприятия или равной ему, не должны внедряться.

Естественно, что при этом возникает необходимость изменения и самих показателей оценки эффективности. Изложенному подходу к оценке эффективности мероприятий, внедряемых на действующих предприятиях, в наибольшей степени соответствует показатель эффективности, который может быть назван коэффициентом рентабельности дополнительных капитальных вложений (дополнительных производственных фондов). Он выражает размер эффекта в виде прироста прибыли на 1 руб. стоимости производственных фондов, дополнительно вводимых в связи с осуществлением мероприятий по внедрению новой техники или реконструкции. По своей экономической природе он, в общем, сходен с коэффициентом сравнительной эффективности, но отличается большей широтой охвата факторов, оказывающих влияние на образование прибавочного продукта (прибыли). Если при исчислении коэффициента сравнительной эффективности рассматривается лишь часть прироста прибыли, равная по величине размеру экономии по себестоимости, то при установлении коэффициента рентабельности прирост прибыли учитывается в полном объеме, включая и ту его часть, которая может быть получена вследствие повышения качества продукции и увеличения реализационных цен.

Формула для определения коэффициента рентабельности дополнительных капитальных вложений имеет следующий вид:

$$E_p = \frac{(U_2 - C_2) - (U_1 - C_1)}{K_2 - K_1} = \frac{(U_2 - U_1) + (C_1 - C_2)}{K_2 - K_1},$$

где  $U_1$  и  $U_2$  — реализационная цена лесопродукции соответственно до и после осуществления мероприятия;

$C_1$  и  $C_2$  — себестоимость лесопродукции (или работ) до и после осуществления мероприятия;

$K_1$  и  $K_2$  — капитальные вложения (стоимость производственных фондов) до и после осуществления мероприятия.

Наиболее полная, а следовательно, и наиболее достоверная оценка эффективности мероприятий по освоению новой техники и реконструкции должна включать также и сопоставление рассчитываемых по мероприятиям коэффициентов рентабельности дополнительных капитальных вложений с отраслевым нормативом эффективности — отраслевой нормой рентабельности. Параллельно с этим необходимо сравнивать коэффициент рентабельности дополнительных капитальных вложений с плановым уровнем рентабельности производственных фондов предприятия. Отраслевая норма рентабельности как фактор, ограничивающий целесообразность внедрения мероприятий, может иметь значение лишь в тех случаях, когда она выше планового уровня рентабельности производственных фондов предприятия. Если плановый уровень рентабельности превышает отраслевую норму, то последняя как ограничивающий фактор значения не имеет. В настоящее время отраслевая норма рентабельности еще не установлена. Пока, вероятно, без грубой ошибки при расчетах эффективности можно пользоваться действующим отраслевым нормативом коэффициента сравнительной эффективности.

Поступила в редакцию  
9 октября 1967 г.

УДК 65.011.56

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ РАЗБЕГОВ РАБОЧЕГО ЗВЕНА

Л. И. ЯНТОВСКИЙ

(Ленинградская лесотехническая академия)

Один из путей повышения производительности технологических машин — уменьшение длительности их кинематического цикла. Большинство деревообрабатывающих и металлорежущих станков-автоматов и полуавтоматов, машин легкой, пищевой и текстильной промышленности снабжено кулачковыми механизмами, которые позволяют осуществить практически любой закон движения рабочего органа. Поэтому увеличение производительности машины может быть достигнуто не только чисто конструктивными мерами, но и синтезом оптимального по быстродействию закона движения рабочего звена.

В зоне непосредственного выполнения заданной операции выбор закона движения диктуется соображениями технологического характера, во вспомогательных зонах обычно совершаются разбег и выбег рабочего органа. Очевидно, сокращать длительность кинематического цикла можно только за счет вспомогательных зон, то есть путем уменьшения продолжительности разбегов и выбегов. Таким образом, при синтезе закона движения важная задача: за наименьшее время осуществить разбег и выбег рабочего органа.

Сокращение продолжительности разбега (выбега) лимитируют возникающие от неравномерного движения динамические нагрузки. Наиболее уязвимое место кулачкового механизма — контакт в паре кулачок — толкатель. Геометрия контактирующих тел и свойства материалов, из которых они изготовлены, ограничивают величину допускаемого максимального усилия в месте контакта; последнюю можно рассчитать по известным формулам [2].

Обозначим силу, соответствующую максимальному давлению в месте контакта, через  $[P]$ . При анализе динамики кулачковых механизмов обычно используют одномассовую эквивалентную динамическую схему. В этом случае, если предположить, что на участке разбега технологическое усилие отсутствует, то сила  $[P]$  должна складываться из силы инерции ведомой массы, равной  $M\ddot{Y}$  ( $M$  — масса ведомого звена;  $\ddot{Y}$  — максимальная величина его ускорения) и реакции пружины, которая в случае силового замыкания пары кулачок — толкатель равняется  $\frac{1}{\lambda} M\ddot{Y}$ , так как пружину выбирают такой, чтобы ее реакция уравновешивала силу инерции на выбеге ( $\lambda$  — коэффициент асимметрии диаграммы ускорений [3]).

Тогда

$$[P] = \frac{1 + \lambda}{\lambda} M\ddot{Y}. \quad (1)$$

Выразим максимальную величину ускорения ведомой массы в виде произведения

$$\ddot{Y} = N \nu v_T,$$

где  $v_T$  — конечная величина скорости разбега;  
 $\nu$  — приведенная частота собственных колебаний механизма;  
 $N$  — некоторый параметр, зависящий от вида закона движения разбега.

Подставив выражение для  $\ddot{Y}$  в формулу (1), определим параметр через известные величины

$$N = \frac{[P]}{v_T M \nu} \cdot \frac{\lambda}{1 + \lambda}.$$

Итак, параметр  $N$  — характеристика конкретного закона движения разбега. Причем этот закон — оптимальный по быстродействию, так как величина  $N$  соответствует допускаемому максимальному усилию в паре кулачок — толкатель.

Установим зависимость параметров искомых законов движения от величины  $N$ .

Наибольшую величину ускорения ведомого звена можно определить по следующей формуле [1]:

$$\ddot{Y} = W + \sum_{i=0}^n e^{-\zeta(t_m - T_i)} \sqrt{(\Delta \ddot{s}_i)^2 + \left( \nu \Delta \dot{s}_i - \frac{1}{\nu} \Delta \ddot{s}_i \right)^2}, \quad (2)$$

где  $W$  — ускорение от идеального (задаваемого профилем кулачка) закона движения в момент времени  $t_m$ , соответствующий наибольшему значению действительного ускорения ведомой массы;  
 $\Delta \dot{s}_i; \Delta \ddot{s}_i; \Delta \ddot{s}_i$  — разрывы производных идеального закона движения в моменты времени  $T_i$ ;  
 $\zeta$  — коэффициент демпфирования.

Самое малое время разбега рабочего органа обеспечивает закон постоянной скорости

$$s = v_T t.$$

Для этого закона характерно наличие разрыва функции скорости в начальный момент времени, равного по величине  $v_T$ . В случае использования импульса скорости  $v_T$  разбег совершается практически мгновенно, но возникающие при этом ускорения имеют очень большие значения.

Воспользуемся формулой (2). Здесь  $W = 0; T_0 = 0; \Delta \ddot{s}_0 = \Delta \dot{s}_0 = 0; \Delta \dot{s}_0 = v_T$ .

Момент времени, соответствующий наибольшей величине ускорения ведомой массы,

$$t_m = \frac{1}{4} \tau,$$

где  $\tau = \frac{2\pi}{\nu}$  — период собственных колебаний механизма.

Тогда

$$\ddot{Y} = e^{-\frac{1}{4} \xi \tau} \nu v_T,$$

отсюда

$$N_1 = e^{-\frac{1}{4} \xi \tau}.$$

Итак, закон импульса скорости — оптимальный по быстродействию для механизмов, параметр которых  $N \geq N_1$ .

Этот закон назовем оптимальным законом движения 1-го рода.

Если величина параметра  $N$  не позволяет осуществить разбег по закону движения 1-го рода, то можно поступить следующим образом: в начальный момент времени дать импульс скорости  $v_0 < v_T$ , а затем завершить разбег плавным изменением скорости по какому-либо закону движения. Известно, что упругая система реагирует на плавное

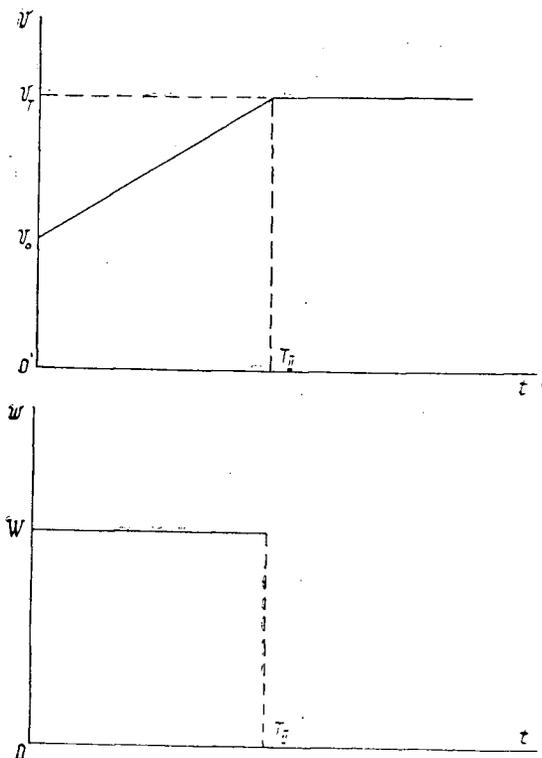


Рис. 1. Скорость и ускорение при законе движения 2-го рода.

возмущение как на импульс, если время  $\Delta t$  изменения этого возмущения достаточно мало [1]

$$\Delta t \leq 0,3\tau.$$

Для завершения разбега используем закон постоянного ускорения, при котором скорость возрастает по линейной зависимости от времени. Этот суммарный закон назовем оптимальным законом движения 2-го рода (рис. 1). Время изменения функции скорости, как было отмечено раньше, не должно быть меньше величины  $0,3\tau$ . Выберем  $\Delta t = 2\tau$ , чтобы компенсировать возможную ошибку определения частоты собственных колебаний системы, некоторую неравномерность вращения кулачкового вала и прочие факторы. В этом случае время разбега

$$T_{II} = 2\tau.$$

Установим величину  $N_{II}$ , наименьшую для данного типа разбега. Очевидно, значение  $N_I$  наибольшее.

Рассмотрим формулу (2). В нашем случае  $T_0 = 0$ ;  $\Delta \dot{s}_0 = v_0 = \chi v_T$ ;  $\Delta \ddot{s}_0 = \frac{1-\chi}{4\pi} \chi v_T$ ;  $\Delta \ddot{s} = 0$ ;  $W = \frac{1-\chi}{4\pi} \chi v_T$ .

Примем  $t_m = \frac{1}{4} \tau$ .

Тогда

$$\ddot{Y} = \left[ \frac{1-\chi}{4\pi} + e^{-\frac{1}{4} \xi \tau} \sqrt{\chi^2 + \frac{(1-\chi)^2}{16\pi^2}} \right] \chi v_T.$$

Отсюда

$$N = \frac{1-\chi}{4\pi} + e^{-\frac{1}{4} \xi \tau} \sqrt{\chi^2 + \frac{(1-\chi)^2}{16\pi^2}}.$$

Полученное выражение — функция  $\kappa$ . Параметр  $\kappa$  представляет собой отношение импульса скорости в начальный момент времени к конечной скорости разбега

$$\kappa = \frac{v_0}{v_T}.$$

Так как наименьшему значению  $\kappa$ , равному нулю, соответствует наименьшая величина  $N$ , то

$$N_{II} = \frac{1 + e^{-\frac{1}{4}\xi\tau}}{4\pi}.$$

Итак, если параметр  $N$ , характерный для данного механизма, находится в пределах  $N_I \geq N \geq N_{II}$ , то оптимальным по быстродействию оказывается закон движения 2-го рода. Этот закон имеет вид

$$s = \frac{4\pi v_T}{v} \left[ \kappa \frac{t}{T_{II}} + \frac{1-\kappa}{2} \left( \frac{t}{T_{II}} \right)^2 \right].$$

Основной расчетный параметр закона — величина  $\kappa$

$$\kappa = 1 - 4\pi \frac{4\pi - Ne^{\frac{1}{2}\xi\tau} + \sqrt{e^{\frac{1}{2}\xi\tau} [(4\pi N - 1)^2 + N^2] - 1}}{1 + 16\pi^2 - e^{\frac{1}{2}\xi\tau}}.$$

Когда величина  $N$  данного механизма становится равной  $N_{II}$ , то параметр  $\kappa$  обращается в нуль, и оптимальный закон движения

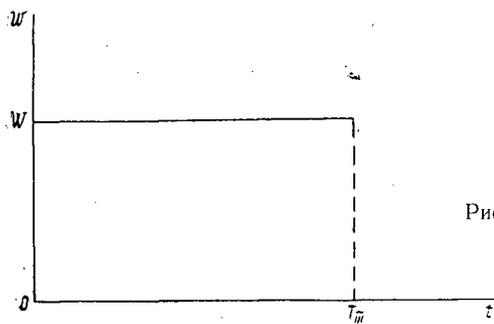
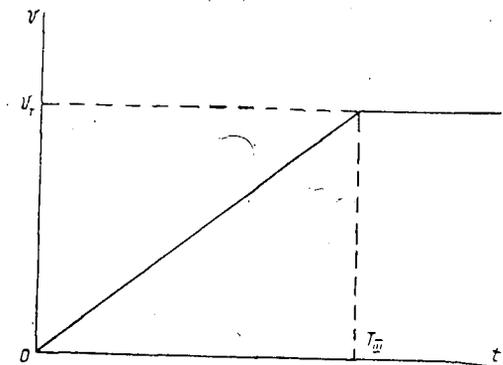


Рис. 2. Скорость и ускорение при законе движения 3-го рода.

2-го рода превращается в закон постоянного ускорения, который для определенных систем является оптимальным по быстродействию законом движения 3-го рода (рис. 2)

$$s = \frac{\pi v_T}{v} v_{III} \left( \frac{t}{T_{III}} \right)^2,$$

где  $T_{III}$  — время разбега по этому закону движения;  
 $\mu_{III}$  — основной расчетный параметр

$$\mu_{III} = \frac{T_{III}}{\tau}.$$

Воспользуемся выражением (2). В данном случае  $T_0 = 0$ ;  $\Delta \dot{s}_0 = \Delta \ddot{s}_0 = 0$ ;  $\Delta \ddot{s}_0 =$   
 $= \frac{v v_T}{2\pi\mu_{III}}$ ;  $W = \frac{v v_T}{2\pi\mu_{III}}$ .

Так как импульс скорости в начальный момент отсутствует, то  $t_m = \frac{\tau}{2}$ .  
 Учтя все это, получим

$$\dot{Y} = \frac{1 + e^{-\frac{1}{2}\xi\tau}}{2\pi\mu_{III}} v v_T.$$

Отсюда

$$N = \frac{1 + e^{-\frac{1}{2}\xi\tau}}{2\pi\mu_{III}}. \quad (3)$$

Если параметром  $N$  данного механизма определяют время, необходимое для разбега ведомой массы и равное по меньшей мере  $4\tau$ , то оказывается, что в этом случае можно применить «закон трапецеидального ускорения». Для этого закона характерно наличие импульсов его третьей производной. Наше модифицирование закона заключается в сложении его на первом участке с законом постоянной скорости таким образом, чтобы импульсы скорости и третьей производной взаимно погасались — формула (2). Такой закон движения для механизмов, параметр  $N$  которых равен или меньше некоторой величины  $N_{III}$ , является оптимальным по быстрдействию. Назовем его оптимальным законом движения 4-го рода. Он может быть описан следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} s_A &= \frac{v_T}{\pi(\mu_{IV}-2)v} \left[ \frac{4\pi^2}{3} \left( \frac{t}{T_A} \right)^3 + \frac{t}{T_A} \right]; \\ s_B &= \frac{\pi(\mu_{IV}-4)^2 v_T}{(\mu_{IV}-2)v} \left( \frac{t}{T_B - T_A} \right)^2; \\ s_C &= \frac{4\pi v_T}{(\mu_{IV}-2)v} \left[ \left( \frac{t}{T_{IV} - T_B} \right)^2 - \frac{1}{3} \left( \frac{t}{T_{IV} - T_B} \right)^3 \right], \end{aligned} \right\}$$

где  $T_A, T_B, T_{IV}$  — моменты времени, соответствующие границам участков закона движения 4-го рода (рис. 3);  
 $\mu_{IV}$  — основной расчетный параметр

$$\mu_{IV} = \frac{T_{IV}}{\tau}.$$

Так как в данном случае отсутствует импульс ускорения, а импульсы скорости и третьей производной взаимно погашаются, то наибольшая величина ускорения ведомой массы равна наибольшему значению ускорения от идеального закона движения

$$\dot{Y} = \frac{1}{2\pi(\mu_{IV}-2)} v v_T.$$

Отсюда

$$N = \frac{1}{2\pi(\mu_{IV}-2)}.$$

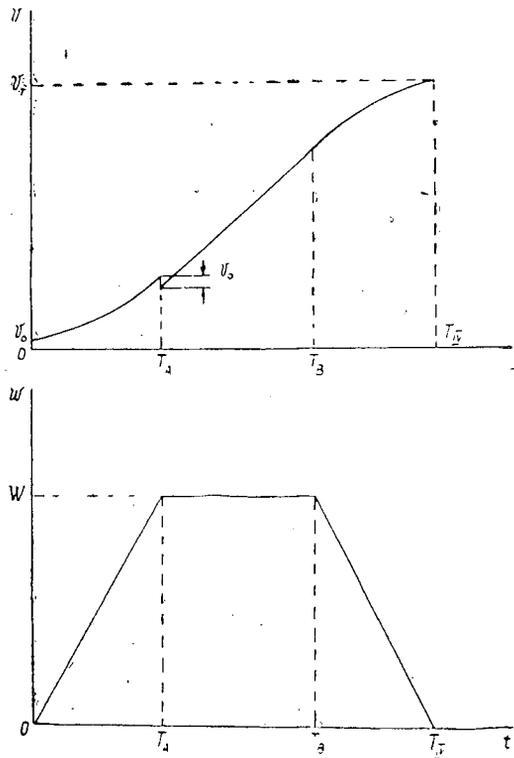


Рис. 3. Скорость и ускорение при законе движения 4-го рода.

Основной расчетный параметр  $\mu_{IV}$  при этом определяется так:

$$\mu_{IV} = \frac{1}{2\pi N} + 2.$$

Основной расчетный параметр оптимального закона движения 3-го рода  $\mu_{III}$  находим из выражения (3)

$$\mu_{III} = \frac{1 + e^{-\frac{1}{2} \xi \tau}}{2\pi N}.$$

Величину  $N_{III}$  определим из условия равенства основных расчетных параметров.

$$N_{III} = \frac{e^{-\frac{1}{2} \xi \tau}}{4\pi}.$$

Очевидно, наименьшее значение  $N$  для оптимального закона движения 4-го рода  $N_V = 0$ .

Итак, если величина параметра находится в пределах  $N_{II} \gg N \gg N_{III}$ , то оптимальным оказывается закон движения 3-го рода. Если же  $N_{III} \gg N > 0$ , то оптимальный по быстродействию — закон движения 4-го рода.

Сформулируем основные принципы выбора и расчета оптимального по быстродействию закона движения рабочего звена.

1. Вид оптимального закона движения разбега и все его расчетные параметры полностью определяются следующими исходными данными: конечной скоростью разбега  $v_7$ ; допусаемым максимальным усилием  $[P]$  в месте контакта в паре кулачок — толкатель; приведенной массой звеньев механизма  $M$ ; приведенной частотой собственных колебаний механизма  $\nu$ ; коэффициентом асимметрии диаграммы ускорений  $\lambda$ ; безразмерным коэффициентом демпфирования  $\xi \tau$ .

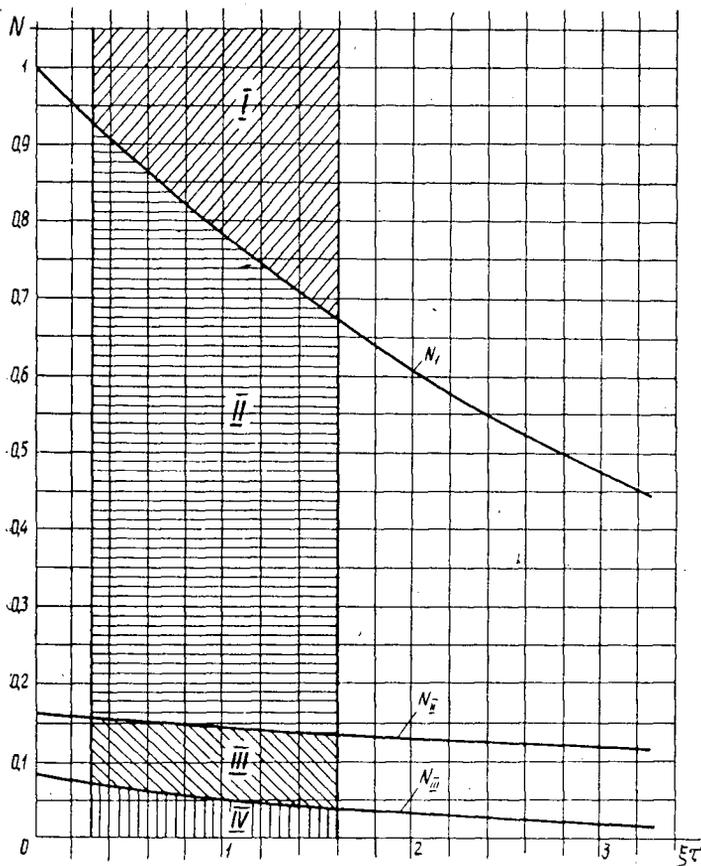


Рис. 4. Зависимость параметра  $N$  от безразмерного коэффициента демпфирования.

$I$  — зона оптимального закона движения 1-го рода;  
 $II$  — 2-го рода;  $III$  — 3-го рода;  $IV$  — 4-го рода.

2. Через исходные данные однозначно определяется параметр  $N$ , характерный для механизма.

3. С помощью найденного параметра  $N$  и безразмерного коэффициента демпфирования  $\xi\tau$  по графику (рис. 4) выбирают тип оптимального по быстродействию закона движения разбега.

4. По выведенным нами формулам определяют основные расчетные параметры искомых законов движения (табл. 1).

В заключение следует отметить, что положения, касающиеся синтеза оптимальных по быстродействию законов движения для разбегов рабочего звена, можно использовать также при синтезе аналогичных законов движения на выбеге.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Вульфсон. Динамика упругого толкателя при учете демпфирования. Теория машин и механизмов, вып. 94—95, АН СССР, М., 1963. [2]. Н. Н. Попов. Расчет и проектирование кулачковых механизмов. Журн. «Машиностроение», М., 1965. [3]. Л. И. Янговский. Расчет законов движения для форсированных разбегов рабочего звена. Журн. «Машиноведение» № 4, АН СССР, М., 1967.

УДК 634.0.5

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ВАРИАЦИИ  
ОТДЕЛЬНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ У ДЕРЕВЬЕВ  
В ДРЕВОСТОЯХ**

*Н. М. ГЛАЗОВ*

(Биолого-почвенный институт Дальневосточного филиала СО АН СССР)

В теории и практике лесного дела полезно знать величину коэффициентов вариации таксационных признаков деревьев, которая позволяет судить о точности измерений, способствует их рационализации. На основе литературных данных [1], [3], [4], собственных материалов по лиственнице даурской (19 пробных площадей, около 1200 учетных деревьев) и результатов перечетов на пробных площадях, выполненных лесоустройством, мы сделали попытку выявить общие закономерности изменений коэффициентов вариации, их взаимовлияние, связи с таксационными показателями деревьев.

Каждая пробная площадь обработана нами отдельно с последующим вычислением средних коэффициентов вариации для отдельных групп типов леса.

Мы применили методику, разработанную специалистами [4], формулы из теории ошибок, уравнения корреляционной связи.

1. Коэффициенты вариации диаметров деревьев. Вероятное значение коэффициента варьирования диаметров определяется по формуле

$$C_i = \frac{C_0}{\sqrt{D_{1,3}}} \quad (1)$$

В отдельных типах и группах типов леса величина константного показателя изменчивости  $C_0$  меняется следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Типы и группы типов леса	Средний возраст, лет	$C_i \pm m_{C_i}$ , %	$\sigma_c$ , %	Средний $D_{1,3}$ древостоев пробных площадей	Число пробных площадей	$C_0$ , %
Грушанковые (условно-разновозрастные)	130 (82—240)	$38 \pm 2$	7	26	13	194
Брусничники (условно-одновозрастные)	102 (87—130)	$30 \pm 1$	5	23	21	144
Багульниковые (условно-одновозрастные)	126 (84—230)	$29 \pm 1$	5	22	20	136
Заболоченные (условно-разновозрастные)	165 (90—240)	$28 \pm 1$	3	22	6	132
Боровые (одновозрастные)	104 (88—130)	$26 \pm 0.5$	2	21	15	120
Итого . . .	—	$31 \pm 0,6$	6	23	75	149

2. Варьирование высот деревьев. Между коэффициентами вариации диаметров и высот стволов древостоя существует прямая связь, которая по данным наших 19 пробных площадей характеризуется коэффициентом корреляции  $r = +0,89 \pm 0,048$ .

Уравнение связи

$$C_h = 0,72C_d - 5 \pm 1,6\% \quad (2)$$

У разнокачественной группы древостоев не наблюдается связи варьирования высот и диаметров с возрастом. Она выражена только у отдельных типов леса [1].

Уравнение (2) можно использовать для определения коэффициента вариации высот, когда известен вариационный коэффициент диаметров деревьев в их естественной совокупности. Согласно этому уравнению можно определить коэффициент  $K$  (отношение  $C_h : C_d$ ) А. Н. Карпова [2], который служит входом в его таблицы для таксации пробных площадей,

$$K = 0,72 - \frac{5}{C_d} \quad (3)$$

3. Коэффициенты вариации  $q_2$  и видовых чисел стволов меняются незначительно и не зависят от возраста насаждений [1]. По исследованиям автора, в отдельных насаждениях лиственницы даурской величина коэффициента изменчивости  $q_2$  колеблется от 6 до 10%, а в среднем составляет около  $\pm 8\%$  (в отдельных ступенях толщины — от 7 до 10%). Оказывается, величина коэффициента вариации  $q_2$  стволов не зависит от варьирования их высот и диаметров. Варьирование видовых чисел аналогично варьированию коэффициентов формы и в среднем составляет  $\pm 9-10\%$ . Таким образом, без большой погрешности коэффициенты изменчивости видовых чисел можно считать одинаковыми для всех насаждений сосны и лиственницы, независимо от их возрастной структуры и возраста.

4. Варьирование объемов стволов древостоя. Известно, что

$$P_V \geq 2P_d = P_g, \text{ а } P = \frac{C}{\sqrt{n}} \text{ и}$$

$$P_V = \sqrt{\pm 4P_d^2 \pm P_h^2 \pm P_f^2},$$

отсюда

$$C_V = \sqrt{4C_d^2 \pm C_h^2 \pm C_f^2} \quad (4)$$

Несоответствие коэффициентов варьирования, вычисленных по формуле (4) и действительных, наблюдается только в ступенях толщины 8 и 12 см, где связи между диаметрами и объемами стволов теряют свою прямолинейность [3].

Коэффициент вариации объемов, приведенный к величине среднего объема в ступени, изменяется слабо (в среднем  $\pm 8,8\%$ ). Отсюда вероятный коэффициент вариации объемов в любой ступени толщины

$$C_i = \frac{8,8}{\sqrt{V}}, \quad (5)$$

где  $V$  — средний объем в ступени толщины условно-одновозрастного древостоя.

Если учесть, что варьирование объемов в древостое зависит в основном от изменчивости диаметров стволов, а последняя связана с величиной среднего диаметра — формула (1), — то среднюю зависимость варьирования от величины среднего диаметра для условно-одновозрастных древостоев можно характеризовать уравнением

$$C_V = \frac{280\%}{\sqrt{D_{1,3}}}, \quad (6)$$

где  $D_{1,3}$  — средний диаметр.

Таким образом, действительные и вычисленные по формулам (теоретические) коэффициенты вариации мало различаются. Использование константных величин также может оказаться весьма полезным в практике.

Описанные связи между таксационными признаками деревьев и коэффициентами вариации, безусловно, не претендуют на всеобщее значение. Однако и в изменчивости признаков, как показано, имеется определенное постоянство закономерности, которое и следует установить для разных древесных пород и категорий древостоев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. Л. Дворецкий. Изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков стволов древостоя. Труды Поволжского лесотехнического института, вып. 52, Йошкар-Ола, 1957. [2]. А. Н. Карпов. Таксация пробных площадей. ЦНИИЛХ, М., 1955. [3]. В. И. Левин. К вопросу о закономерной связи и варьировании некоторых таксационных элементов в одновозрастных сосняках-зеленомошниках Архангельской области. Труды Архангельского лесотехнического института, вып. XVI, Архангельск, 1955. [4]. А. С. Матвеев-Мотин. Выравненность варьирования признака в сложных статистических совокупностях и ее значение в лесном деле. ЦНИИМЭ, М., 1958.

УДК 674.032.13

## ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ПОР ТРАХЕИД ЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ

И. С. ГЕЛЕС

(Уральский лесотехнический институт)

Цель данной работы — изучить строение пицеондных пор, то есть пор в тех частях стенок трахеид, где они соприкасаются с клетками сердцевинных лучей. Материалом служили срезы нативной еловой древесины; срезы, обработанные раствором двуокиси хлора; целлюлоза после сульфитной варки. С этих препаратов были получены двухступенчатые реплики, вторичную из которых исследовали в электронном микроскопе TESLA BS242. Так как получить срез по срединной пластинке и при этом не повредить структуру пор чрезвычайно трудно (тем более, что срезы делали с воздушно сухой древесины), то основное внимание было уделено внутренней поверхности трахеид.

Из микроскопических исследований известно, что пицеондные поры имеют щелевидную форму, что угол наклона их обусловлен направлением фибрилл во вторичной стенке и что запирающая оболочка не имеет торуса. Наши наблюдения показали, что эти поры имеют разнообразную форму. В большинстве случаев отверстие поры имеет слегка овальную форму, но при переходе в канал клетки оно принимает почти прямоугольную форму. Это вызвано тем (рис. 1, а), что окаймление пор такого типа образовано не со всех сторон, а только с двух. Это определило анизотропную форму поры. Таким образом, микрофибриллы окаймления идут не по окружности, а сходятся под острым углом, в результате чего образуются два треугольника. Однако в некоторых случаях пора имеет вытянутую форму и окаймление практически мало заметно, как видно из рис. 1, б. Строение запирающей оболочки совершенно не просматривается на рис. 1, б и даже на рис. 1, в, несмотря на большое увеличение. Из этих микрофотографий видно, что аморфный слой гемицеллюлоз, выстилающий клетку со стороны канала, настолько велик, что сквозь него совершенно не просматривается фибриллярная структура. Можно полагать (рис. 1), что запирающая оболочка представляет первичную стенку, в которой присутствует ряд различных веществ.

Изучение срезов нативной древесины не позволяет сделать никаких выводов о наличии лигнина в этих порах, так как более темные участки на границах поры (рис. 1, в) можно объяснить различно, например, большим оттенением металлом.

Для дифференциации лигнина, при наличии его в порах, срезы обрабатывали раствором двуокиси хлора так, чтобы не наступило состояние мацерации; при этом исходили из того, что лигнин набухает значительно больше целлюлозы, но полностью в раствор не переходит. Полученные нами результаты идентичны данным наблюдений срезов после сульфитной варки.

Электронномикроскопические исследования сульфитной целлюлозы позволили установить, что очень часто «щечки» (двухстороннее окаймление) резко отличаются от остальных участков клетки и выглядят как плотная бесструктурная масса трапцевидной формы (рис. 2, а). Центральная часть запирающей оболочки имеет строение первичной стенки. По-видимому, лигнин расположен неравномерно, сосредоточиваясь в окаймлении. При обработке растворами, вызывающими набухание лигнина, в структуре пор происходят некоторые изменения, позволяющие выявить лигнин. Полученные данные позволяют сделать вывод, что в пицеондных порах лигнин присутствует.

Наши наблюдения показали также, что в окаймленных порах в отличие от пицеондных лигнин сосредоточен в центре — торусе, который при сульфитной варке делигнифицируется хуже других частей клетки. Хорошо сохранившаяся структура окаймленных пор (рис. 2, б) была обнаружена в мягких сульфитных целлюлозах. По-видимому, это вызвано лигнификацией места контакта торуса с окаймлением поры. На микрофотографии четко видна наукообразная система микрофибрилл, соединяющая массивный бесструктурный торус (фибрилярная структура маскируется массой лигносульфоновых кислот) с другими частями волокна.

УДК 634.0.232

## НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ СОЗДАНИЯ КУЛЬТУР БЫСТРОРАСТУЩИХ ПОРОД В ЖИТОМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

П. Г. ВАКУЛЮК

(Житомирское областное управление лесного хозяйства и лесозаготовок)

Для изучения наиболее продуктивных видов тополей весной 1960 г. в Житомирском и Овручском лесхозагах были заложены опытные культуры на площади 6,3 га. Ежегодно проводили трехкратный механизированный уход за посадками в двух направлениях и два ручных ухода в рядах вокруг деревьев.

Результаты обмеров, проведенных осенью 1963 г., показаны в табл. 1.

Таблица 1

Виды тополя	Посадочный материал	Житомирский лесхоззаг		Овручский лесхоззаг	
		средняя высота, м	сохранность, %	средняя высота, м	сохранность, %
Китайский	Неокоренные черенки	5,0	36	3,6	92
Белый	Сеянцы	4,9	94	4,8	95
Ивантеевский	Неокоренные черенки	4,4	96	4,6	92
Черный	Сеянцы	4,7	97	—	—
Канадский	Неокоренные черенки	5,0	85	4,2	77
"	Сеянцы	4,1	83	4,1	83
Русский	Неокоренные черенки	4,2	94	4,3	92
Душистый	"	—	—	2,8	100
Краснонервный	"	2,8	100	3,5	98
Бальзамический	"	3,6	56	2,6	98
Волосистоплодный	"	2,3	86	3,5	98
Лавролистный	"	—	—	1,4	32
Крупнолистный	"	—	—	2,6	82

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что в наших условиях лучше других видов растут тополя китайский, белый и канадский. По нашим наблюдениям, у всех видов тополей культуры, заложённые черенками, в первые годы растут интенсивнее, чем сеянцы. Листья у них крупнее, имеют яркую-зеленую окраску, период вегетации и роста продолжительнее на 15—20 дн. Корневая система у них всегда более поверхностная, чем у сеянцев, и поэтому во влажных типах леса деревья имеют наклон в направлении господствующих ветров. Как установлено обмером 4-летних культур в Житомирском лесхоззаге, в культурах тополя канадского, заложённых неокоренными черенками, средняя высота равна 5 м, диаметр 4,4 см; сеянцами — соответственно 4,1 м и 3,3 см (или в среднем на 20% меньше).

По данным наших наблюдений, тополь белый растет в разных типах леса лучше и быстрее других видов, он более устойчив против вредителей и болезней, менее требователен к богатству почвы и влажности. Тополь канадский в первые годы растет быстро, но с 10—15 лет рост его замедляется, особенно на бедных почвах. Он сильно поражается гнилями и вредителями (усачами). По скорости роста он часто уступает тополи белому. На кислых почвах и осушенных болотах растет плохо, имеет низкую приживаемость и сухoverшинит. Тополь белый на таких почвах растет лучше канадского, но и он имеет здесь низкую продуктивность.

Нами установлено, что чем беднее почвы, гуще культуры тополей и ниже агротехника их выращивания, тем короче период роста и вегетации тополей, особенно канадского. В условиях Житомирщины самый длительный период роста тополя —

130—140 дней, а при высокой агротехнике 145—160. Наибольший прирост по высоте тополя имеют в июле—августе; в этот период необходимо проводить интенсивный уход за ними.

Начиная с 1960 г., лесхоззаги применяют сплошную подготовку почвы при создании культур тополей. За сезон проводят не менее 4—5 уходов.

О положительном значении уходов свидетельствуют такие примеры. В 1959 г. в Барановском лесхоззаге на богатой субори заложены культуры тополя канадского с размещением  $2 \times 1$  м; подготовка почвы сплошная. За этими культурами проводили только ручной уход в полосах шириной 0,5 м. Осенью 1963 г. средняя высота культур была 2,2 м. В тех же условиях культуры тополя канадского и черного, заложённые весной 1960 г. с размещением  $2,5 \times 2,5$  м, где систематически проводился механизированный уход в двух направлениях, осенью 1963 г. имели высоту 3,6 м.

Лучше растут тополя в мокрых и влажных дубравах, хуже в субориях, где они часто уступают место сосне. На суборевых почвах тополь начинает суховершинить и стареть раньше обычного, неустойчив к гнилям и болезням, поэтому и сажать его в этих условиях на бедных почвах нецелесообразно. Для всех видов тополей наибольшую производительность имеют редкие культуры.

Поступила в редакцию  
13 февраля 1964 г.

УДК 631.547.6

## К ВОПРОСУ О СОЗРЕВАНИИ СЕМЯН БЕЛОЙ АКАЦИИ (*Robinia pseudoacacia* L.)

А. Г. БЕРОЗАШВИЛИ

(Грузинский сельскохозяйственный институт)

В литературе отмечается, что семена белой акации созревают осенью (в сентябре—октябре). Внешним признаком спелости ее семян считают побурение бобов.

С целью проверки указанного срока созревания в условиях Закавказья мы проращивали семена белой акации, взятые в разное время вегетационного периода 1965 г.: 10.VII, 15.VII, 20.VII, 30.VII и 5.VIII. Семена собирали с четырех деревьев в 18-летней культуре Ортачалского лесничества Тбилисского лесхоза (396 м над уровнем моря) на суглинистой почве.

Параллельно с этим наблюдали за изменением внешних признаков созревающих плодов на тех деревьях, с которых брали семена.

Подопытный материал подготавливали к прорастанию одним и тем же методом. Семена после скарификации намачивали в воде в течение 24 час, а затем раскладывали на аппарате В. Д. Огиевского по 100 шт.

Наблюдения вели на 3-й, 7-й и 20-й день. Всего было испытано 20 образцов.

Результаты проращивания показали, что признаки зрелости у семян белой акации появляются уже в середине июля. Во второй половине этого месяца (20. VII) семена становятся всхожими (у отдельных деревьев всхожесть достигает 18%); в конце июля вполне зрелых было уже более 50%, а в первых числах августа бобы высыхают; это значит, что семена созрели. Результаты анализа семян, взятых с этих деревьев 5, 15 и 25. VIII, были аналогичными. То же наблюдалось и в 1966 г.

Таким образом, в условиях окрестностей г. Тбилиси семена белой акации созревают в первой половине августа. Внешним признаком полной зрелости можно считать не побурение бобов (которое в условиях Восточной Грузии наступает в первых числах ноября), а полное их высыхание, заканчивающееся, в основном, в августе.

Поступила в редакцию  
29 июня 1967 г.

УДК 634.0.2

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЕЛИ  
В СВЯЗИ С ГУСТОТОЙ ДРЕВОСТОЕВ**

**В. И. КРАВЧЕНКО**

(ЛенНИИЛХ)

Нами изучены еловые древостои разной густоты с примесью лиственных (до 2—3 единиц) в возрасте 18, 25, 35 и 70 лет в типе леса ельник черничный III класса бонитета в Сиверском и Лисинском опытных лесхозах Ленинградской области.

По данным обмера учетных деревьев установлено, что изучаемые древостои сформированы, в основном, из подроста предварительной генерации. Рубок ухода в изучаемых древостоях не проводили.

Таблица 1

Категория древостоев	Число деревьев, тыс. шт. на 1 га, в возрасте, лет			
	18	25	35	70
Редкие . . . . .	2,0—4,0	2,0—3,0	1,5—3,0	—
Средние . . . . .	5,0—7,0	4,0—6,0	3,0—5,0	0,5—1,0
Густые . . . . .	8,0—10,0	7,0—9,0	6,0—8,0	1,1—1,5
Очень густые . .	11,0—17,0	10,0—12,0	9,0—11,0	1,6—2,0

Возраст древостоев, лет	Древостой (по густоте)	Среднее количество деревьев на 1 га	Среднее расстояние между деревьями, м	Ель		Ольха		
				диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м	
18	Редкие	3012	1,85	4,6	5,0	5,4	5,0	
25		2800	1,9	6,3	5,2	5,1	4,4	
35		2560	2,0	7,3	6,8	10,9	8,0	
18	Средние	5404	1,4	4,0	5,5	4,5	4,4	
25		5086	1,4	6,2	7,4	—	—	
35		4314	1,6	7,2	9,2	10,9	8,0	
70	Густые	935	3,4	20,6	18,5	13,9	14,2	
18		8300	1,1	3,9	5,6	5,5	—	
25		7340	1,2	5,5	7,0	—	—	
35		6387	1,25	6,4	7,8	7,6	8,1	
70		1438	2,6	15,9	17,2	—	—	
18		Очень густые	16375	0,7	3,8	4,9	3,0	3,5
25			11625	0,9	5,0	6,3	—	—
35	9150		1,0	5,3	6,5	—	—	
70	1826		2,3	13,1	15,6	—	—	

Всего было заложено 28 пробных площадей (по принятой в лесной таксации методике), размеры которых в зависимости от возраста древостоев колебались в пределах 0,05—0,27 га и устанавливались на основании необходимого числа деревьев, обеспечивающих точность измеряемых диаметров в пределах  $\pm 2\%$  и высот в пределах  $\pm 2—3\%$ . На каждой площади производили сплошной перечет деревьев и устанавливали основные таксационные показатели, отмечали особенности почвы, подроста, подлеска, а также обилие травяного и мохового покрова по шкале Друде.

На 28 пробных площадях было срублено 638 учетных деревьев, измеряли диаметр и общую высоту их, а также текущие приросты по высоте (по годичным муточным побегам) с точностью  $\pm 1$  см. За последние пять лет на срубленных учет-

ных деревьях ели в общей сложности было произведено 2676 измерений текущего прироста по высоте. Все пробные площади закладывали на свежих грубогумусных среднеподзолистых среднесуглинистых почвах на бескарбонатном валунином моренном суглинке. Название типа леса давали по классификации В. Н. Сукачева.

Для удобства сопоставления данных древостоев были условно разделены по густоте: редкие, средние, густые и очень густые (табл. 1). Влияние большой густоты на рост деревьев в высоту особенно заметно, если сравнивать не средние высоты древостоев, а периодические текущие приросты по высоте за последние пять лет (табл. 2). Краткая характеристика изучаемых древостоев приведена в табл. 3.

Таблица 2

Древостой (по густоте)	Возраст древостоя, лет	Средние статистические показатели периодического текущего прироста по высоте за последние пять лет,				
		$M \pm m, \text{ см}$	$\sigma$	$v$	$P$	$n^*$
Редкие	18	$40 \pm 1,3$	15,0	37	3,3	125/250
	25	$35 \pm 1,1$	13,0	37	3,3	130/130
	35	$30 \pm 1,2$	9,0	30	3,8	50/50
Средние	18	$59 \pm 2,1$	17,6	30	3,6	74/445
	25	$49 \pm 1,4$	15,2	31	2,8	125/125
	35	$34 \pm 1,6$	14,8	44	4,2	88/175
Густые	70	$30 \pm 1,2$	9,0	30	3,8	50/50
	18	$62 \pm 2,5$	17,5	28	4,1	48/48
	25	$36 \pm 1,8$	19,8	55	4,9	125/125
Очень густые	35	$22 \pm 1,1$	11,5	51	4,8	112/225
	70	$19 \pm 0,6$	7,4	40	3,2	154/462
	18	$38 \pm 1,4$	15,1	40	3,5	125/125
Очень густые	25	$35 \pm 1,3$	14,7	42	3,7	125/125
	35	$20 \pm 1,0$	11,0	55	4,9	125/125
	70	$17 \pm 0,4$	6,6	39	2,7	216/216

\* Через косую черту даны среднее арифметическое из числа измерений, соответствующее статистическим показателям, и общее число измерений.

Таблица 3

Береза		Сосна		Осина		Полнота	Общий запас, $\text{м}^3$ на 1 га
диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м	диаметр, см	высота, м		
5,0	5,5	—	—	—	—	0,39	18
—	—	—	—	—	—	0,46	25
—	—	—	—	—	—	0,54	58
—	—	—	—	—	—	0,51	26
5,2	5,3	—	—	—	—	0,88	56
—	—	—	—	—	—	0,88	87
16,8	18,0	19,0	16,0	—	—	0,90	283
—	—	—	—	—	—	1,07	38
5,0	5,2	—	—	—	—	0,98	72
5,9	7,1	7,8	8,0	—	—	0,90	99
14,6	16,9	23,6	20,2	20,0	20,6	1,08	267
—	—	—	—	—	—	1,35	56
4,8	5,1	—	—	—	—	1,32	90
5,8	6,0	7,3	6,0	5,2	6,1	0,95	97
11,9	16,0	22,2	21,6	17,1	20,3	1,10	256

Таким образом, в условиях таежной зоны Северо-Запада европейской части СССР в густых древостоях ели с примесью лиственных (до двух единиц) до 20-летнего возраста деревьев нецелесообразно проводить рубки ухода (если древесина не имеет сбыта). В перегущенных древостоях (11—16 тыс. деревьев на 1 га) рубки надо начинать примерно в возрасте деревьев 15 лет независимо от реализации получаемой продукции.

Поступила в редакцию  
21 марта 1964 г.

УДК 634.0.232

## ХОД РОСТА И ПРОЦЕСС ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗРЕЖИВАНИЯ ГУСТЫХ КУЛЬТУР ДУБА

Д. А. КОРЯКИН

(Приокско-Тerrasный государственный заповедник)

Очень густые посевные опытные культуры дуба (участками по 200—400 м<sup>2</sup>), заложенные в 1906 г. В. Д. Огиевским в Крюковском лесничестве, много раз привлекали внимание исследователей.

До настоящего времени участки полностью сохранились; при этом в течение всего периода их существования рубок ухода не проводили. Только в 1953 г. был убран валежник и вырублены усохшие деревья. Повторные исследования этих уникальных участков представляют несомненный интерес.

Год исследования	Исследователь	№ опытного участка	Возраст культуры, лет	Дуб искусственного	
				средняя высота	средний диаметр
1908	С. А. Самофал	—	3	$\frac{0,32}{—}$	$\frac{0,69}{—}$
1929	"	496	24	$\frac{3,68}{—}$	$\frac{2,4}{—}$
1934	В. В. Попов	51	29	$\frac{5,1}{5,4}$	$\frac{2,5}{3,6}$
1946	Х. М. Исаченко	—	40	$\frac{8,5}{—}$	$\frac{7,1}{—}$
1949	Д. А. Корякин	496	44	$\frac{12,0}{13,5}$	$\frac{9,5}{10,5}$
1954	"	496	48	$\frac{13,6}{14,4}$	$\frac{11,0}{12,3}$
1962	"	496	57	$\frac{16,2}{17,5}$	$\frac{15,7}{17,9}$
1949	"	51	44	$\frac{11,2}{12,8}$	$\frac{8,4}{9,5}$
1954	"	51	48	$\frac{12,6}{13,4}$	$\frac{9,9}{11,2}$
1962	"	51	57	$\frac{15,0}{16,2}$	$\frac{14,9}{17,2}$

Примечание. В числителе данные для насаждений в целом; в знаменателе —

участки густых посевов (квартал 145), судя по окружающим естественным насаждениям, могут быть отнесены к III классу бонитета, типу зеленчуково-снытьевого липодубняка (по Г. Н. Высоцкому). Почва среднеподзолистая суглинистая, с признаками сезонного переувлажнения, что особенно заметно в участке 51, где имеется микропонижение. На глубине 100—140 см залегает очень плотный суглинок с при-

месью щепенки и следами оглеения, причем в участке 51 оглеение ближе к поверхности (100—110 см).

Ход роста культуры дуба участками (с первоначальной густотой посева 125 тыс. желудей на 1 га) представлен в табл. 1. В этой таблице, начиная с обмера 1949 г., показан ход роста культуры в двух опытных участках; все предыдущие исследования рассматривали совокупно, так как в некоторых случаях не обозначено, к какому участку относятся показатели роста.

С. А. Самофал заметил разницу в росте дубков (еще в трехлетнем возрасте культуры), находящихся на разных расстояниях от границ участка.

В табл. 2 показаны изменения средних высот и диаметров господствующего полога, а также изменение числа живых деревьев (по частям участка в опытах 496 и 51) с возрастом культуры.

Наблюдения на постоянных пробных площадях (опытах) В. Д. Огневского за густой культурой дуба участками дают возможность сделать некоторые интересные для практики выводы.

В сравнительно благоприятных условиях возможны очень густые посевные культуры дуба, которые могут расти без дорогостоящих или убыточных рубок ухода, а на свежих лесосеках — и без подготовки почвы.

Расходы по искусственному возобновлению в этом случае сводятся к стоимости семян и посева.

Большая густота культуры дуба создает в их молодом возрасте взаимоугнетение деревьев в насаждении и, как следствие, общее и длительное притупление роста дубков, в связи с чем даже лучшие дубы растут замедленно в толщину и отчасти в высоту до тех пор, пока насаждение изредится до «нормальной» густоты. Незначительное улучшение положения деревьев крайнего ряда (возможность использовать прилегаю-

Таблица 1

происхождения			Запас стволовой древесины других пород	Всего		Класс бонитета по таблицам хода роста нормальных семенных дубовых насаждений (Вимменауэра)
число деревьев	сумма площадей сечений	запас стволовой древесины		сумма площадей сечений	запас стволовой древесины	
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	Ниже IV
26300	—	—	—	—	—	Ниже IV
4600	—	—	—	—	—	IV
3575	25,2	134,3	7,6	26,3	141,9	III
2640	18,5	100,6	—	18,5	100,6	III
2490	23,7	127,1	8,0	24,9	135,1	II, 7
1550	18,4	114,6	—	18,4	114,6	II, 7
1670	30,2	213,9	1,8	30,6	216	II, 5
990	24,8	176,7	—	24,8	176,7	II, 5
3600	20,0	104,6	7,7	21,2	112,3	III
2150	15,2	79,6	4,6	15,9	85,2	III
24800	19,1	99,2	8,7	20,4	107,9	III
1620	16,0	87,5	8,3	17,1	95,8	III
1550	26,0	153,1	17,8	28,3	171	II, 8:
850	19,5	121,3	17,8	21,8	139,1	II, 8:

для господствующей части насаждений.

щую свободную граничную полосу земли только одной стороной) позволяет им сначала обогнать в росте соседние деревья, а затем вытеснить их, увеличив тем самым свою площадь питания. Для более ускоренного прохождения процесса дифференциации деревьев и естественного изреживания насаждения густые культуры следует создавать несортированными (наследственно разнокачественными) семенами.

Таблица 2

Возраст культуры	Место измерений	Средняя высота	Средний диаметр	Общее число живых деревьев на 1 га	В том числе господствующего полога
44	Крайний ряд . . . . .	14,2	12,2	7700	6300
		13,8	10,8	7800	5400
44	Центральная часть . . .	12,8	9,8	2710	1670
		11,9	8,6	2370	1600
44	Участок в целом . . . . .	13,5	10,5	3575	2620
		12,7	9,5	3600	2175
48	Крайний ряд . . . . .	15,6	14,3	5560	4400
		14,6	18,6	6580	4870
48	Центральная часть . . .	14,0	11,5	1510	860
		12,9	10,2	1500	910
48	Участок в целом . . . . .	14,5	12,6	2475	1550
		13,4	11,2	2480	1620
57	Крайний ряд . . . . .	17,5	17,8	2600	2100
		16,5	18,6	2700	2300
57	Центральная часть . . .	17,5	17,9	1200	705
		16,0	16,5	810	470
57	Участок в целом . . . . .	17,3	17,9	1490	990
		16,2	17,2	1200	850

Примечание. В числителе данные опыта 496; в знаменателе — опыта 51.

Поступила в редакцию  
2 марта 1965 г.

УДК 634.0.116

## К ВОПРОСУ О РОЛИ СПЕЛЫХ БУКОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ КАРПАТ В РЕГУЛИРОВАНИИ СТОКА С ГОРНЫХ СКЛОНОВ

О. В. ЧУБАТЫЙ

(Карпатская лесная опытная станция УкрНИИЛХа)

В настоящей статье рассматриваются некоторые особенности формирования стока с горных склонов Карпат, покрытых спелыми буковыми древостоями, в зависимости от рельефа, погодных условий и фенологического состояния лесной растительности.

Изучение режима стока ведется методом малых водосборов на стационарных участках. Созданный с этой целью стационар «Свалява» расположен в урочище Ричень, Ганьковецкого лесничества, Свалявского лесокомбината в наиболее типичном районе самого обширного распространения бука в Закарпатье, отражающем характерные особенности естественных карпатских бучин.

Опытные участки состоят из трех замкнутых водосборов, в створах которых сооружены гидрометрические лотки конструкции А. Р. Скуе. На этих лотках непрерывная регистрация стока осуществляется с помощью самописца уровня воды «Валдай». Пользуясь записями самописца и зная расходы воды для всех градаций уровней воды в лотке, вычисляют объем стока.

Изучение динамики стока увязывается с параллельным учетом количества атмосферных осадков. С этой целью ведутся систематические наблюдения на осадкомерных пунктах под пологом леса и на открытой местности, а в зимний период производятся снегомерные съемки для выявления запасов воды в снеге.

Для изучения защитной роли буковых лесов Карпат принята методология Гидрометслужбы. Однако специфика объектов исследований вызвала необходимость дополнения методики лесоводственными, геоботаническими и другими исследованиями, представляющими известный интерес.

В орографическом отношении все три водосбора приближаются по форме к амфитеатру. Склоны их равномерно спадают к водотокам, которые проходят почти по центральной части водосборов. Более половины площади первого и третьего водосборов занято крутыми склонами ( $15-25^\circ$ ). На втором водосборе преобладают пологие склоны ( $5-15^\circ$ ), занимающие 55,5% общей площади. Рельеф второго и третьего водосборов выделяется наличием микро- и мезозападин, возвышенностей и террасовидных уступов, сказывающихся на регулировании стока. Первый водосбор образует преимущественно выпуклые, плавной формы склоны, на которых очень слабо выражено разнообразие микро- и мезорельефа.

Почвы в преобладающем большинстве представлены относительно мощными буроземами, реже встречаются мелкие щепенистые почвы, а иногда выходы материнских пород, приуроченные, как правило, к крутым и обрывистым склонам.

Древостой водосборных площадей двухъярусный. В первом ярусе преобладает бук, иногда есть незначительная примесь явора; во втором ярусе местами граб, а в основном — густой подрост бука, распространенный почти по всей площади водосборов. На крутых склонах подрост очень мало.

По таксационным показателям насаждения всех трех водосборов очень близки. Преобладающая часть их может быть отнесена к мертвопокровным бучинам. Травянистые виды, как правило, приурочены к освещенным и частично изреженным участкам водосборов. Из доминантов встречаются маренка запашная, осока лесная, зеленчук зеленый, будра волосистая, молочай миндалевидный.

Все три водосбора имеют постоянные водотоки. Путем непрерывной регистрации стока осуществлялся суммарный учёт поверхностного и внутрипочвенного стока.

Из анализа материалов наблюдений можно прийти к выводу, что под влиянием спелых буковых насаждений, произрастающих на горных склонах Карпат, расходуется в среднем за год: на суммарное испарение от 52,7 до 79,6% и на сток от 20,4 до 43,7% влаги атмосферных осадков, поступающей на открытой местности. За вегетационный период расходование влаги на суммарное испарение увеличивается от 33,5 до 66,2% в сравнении с холодным периодом года.

Снегомерные съемки, проведенные зимой 1962 г., показали, что снежный покров при выпадении жидких осадков способствует накоплению значительных запасов влаги в толще снега, обуславливающих при снеготаянии существенное повышение стока. Так, например, на протяжении трехлетних наблюдений максимальное увеличение стока падает на период весеннего снеготаяния 1962 г. За этот период отмечены максимальные модули стока, которые составляют: для первого водосбора 10,65, для второго — 5,69 и для третьего — 3,43 л/сек/га.

Подводя итоги трехлетних наблюдений за стоком под пологом спелых буковых насаждений Карпат, можно прийти к основному выводу, что из поступающей влаги атмосферных осадков под воздействием лесного покрова около  $\frac{2}{3}$  влаги расходуется на суммарное испарение и только  $\frac{1}{3}$  на сток.

Поступила в редакцию  
23 сентября 1963 г.

УДК 634.0.181.23

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕТРА В СОСНОВОМ ЛЕСУ

Э. Н. ВАЛЕНДИК

(Институт леса и древесины СО АН СССР)

Задача наших исследований — уточнить и дополнить существующие данные о ветре в лесу. Наблюдения проводили в сосновых борах в районе Обского водохранилища. Первая часть нашего исследования — наблюдения за изменением направлений и скорости ветра перед опушкой и в глубине леса по мере удаления от опушки. Вторая часть — наблюдения за процессом проникновения ветра под полог леса и изменения его скорости на различном расстоянии от поверхности почвы.

Лесной массив, в котором были выбраны опытные участки, начинался в 200 м от берега водохранилища сравнительно ровной стеной, обращенной к господствующим здесь ветрам западной четверти. По линии направления ветра, начиная от опушки леса, был провешен визир, на котором были отбиты два участка, следовавшие друг за другом с десятиметровым разрывом (табл. 1, участки 1 и 2). Тип леса — сосняк брусничниковый 10С и 10С ед. Б, подлесок отсутствует, покров — брусника.

Таблица 1

№ участ-ков	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Число деревьев на 1 га	Глубина полога, м	Сомкну-тость полога, га	Подрост
1	110	16,4	21,1	1,1	1118	8	1,0	С(40) редкий
2	40	7,0	—	—	3150	2	0,6	"
3	90	15,6	22,4	0,64	480	8	0,6	"
4	130	21,5	22,4	0,6	300	10	0,6	С(40) 400 шт. на га

Для уточнения методики исследования до инструментальной съемки был проведен ряд наблюдений за ветром; перед опушкой на расстояниях 50, 100 и 150 м были зажжены одновременно три дымовые шашки. Средняя скорость ветра в период наблюдения 6 м/сек. Перед опушкой дым стлался слоем 4—6 м, постепенно достигая вершин крон, но не поднимался над ними. Облако густого дыма входило в лес и распространялось в глубь его на протяжении от почвы до верхней границы древесного полога. Облаком таких размеров дым распространялся до 1,5 км, постепенно рассеиваясь. Эти наблюдения дали общую картину распространения ветра в лесу. После опытов были проведены инструментальные наблюдения. Для этого по линии визира были установлены чашечные анемометры. За свободный принимали ветер, регистрируемый анеморумбометром, установленным на высоте 30 м над поверхностью почвы. Наблюдения показали, что скорость ветра значительно снижалась перед опушкой и далее в глубь леса, но не затухала ни в 100, ни в 500 м от опушки. Перед разрывом же скорость ветра усиливалась на 30—40% (табл. 2).

Исходя из важности вопроса о затухании ветра в лесу, мы повторили наблюдения в других условиях. В качестве объекта был взят большой, сравнительно однородный массив леса (таксационная характеристика приведена в табл. 1, участок 3). Тип леса — сосняк-брусничник 10С, подлесок отсутствует, покров — брусника. Наблюдения были аналогичны ранее проведенным, но при средней скорости ветра 4,6 м/сек. В результате выяснили, что скорость ветра в лесу продолжала снижаться до расстояния 250 м. Снизившись в этой точке до 18%, далее она оставалась постоянной (табл. 3). Таким образом, наши наблюдения подтвердили ранее полученные данные о незатухании ветра в лесу.

Во второй части исследований мы провели визуальные наблюдения за направлением движения дыма шашек ДМ-6 в глубине лесного массива. Шашки зажигали на высоте 2 м над кронами. Средняя скорость ветра в период наблюдений 5 м/сек. В результате было выяснено, что облако дыма стлалось над кронами, постепенно опускаясь. В 100 м от места горения шашек достигал поверхности почвы, распространяясь далее как в ранее описанном опыте. Таким образом, ветер в лесу не затухает, так как он проникает не только с опушки, но и сверху через кроны.

Таблица 2

Расстояние, м	Скорость ветра		Расстояние, м	Скорость ветра	
	м/сек	% от свобод- ного ветра		м/сек	% от свобод- ного ветра
Перед опушкой			В глубине леса		
—	—	—	100	2,2±0,23	30
225	3,6±0,19	80	50	2,0±0,08	45
125	6,0±0,67	82	200	3,8±0,10	52
125	3,4±0,16	76	150	1,0±0,05	22
75	5,7±0,63	78	300	1,0±0,13	14
75	3,0±0,13	67	250	0,8±0,03	18
25	5,3±0,23	72	500	1,3±0,23	18
25	2,5±0,19	56	350	0,8±0,03	18

Примечание. В числителе показаны данные, полученные при скорости свободного ветра 7,3 м/сек; в знаменателе — при 4,5 м/сек.

Таблица 3

Число наблюдений	Высота над поверхностью земли, м					
	32 (свободный ветер 11 м над пологом)	23 (2 м над пологом)	14 (середина полога)	7 (середина между нижней границей полога и почвы)	2 (стандартная высота)	0,2 (над начоп- венным покровом)
79	4,1±0,10	3,0	0,5±0,04	0,3±0,04	0,6±0,05	0,3±0,04
94	8,3±0,17	6,1	1,0±0,05	0,7±0,06	1,2±0,05	0,6±0,04
96	13,6±0,13	10,1	1,3±0,06	1,0±0,05	1,4±0,06	0,6±0,04
68	17,5±0,18	12,9	1,5±0,06	1,2±0,06	1,6±0,07	0,0±0,04
22	25,0±0,06	18,5	2,6±0,19	1,8±0,14	2,1±0,19	1,2±0,12
4	34,0±0,06	25,0	3,4±0,17	2,2±0,21	3,7±0,37	1,7±0,12

Наблюдения за изменением скорости ветра в лесу на разной высоте от поверхности почвы были проведены для выяснения действия сильных и штормовых ветров на ветровой режим в лесу. Участок был выбран среди сплошного массива; на расстоянии 500 м от него не покрытых лесом участков не было. Характеристика участков приведена в табл. 1 (участок 4). Высоты для наблюдений за скоростью ветра выбирали, исходя из особенностей строения древостоя; при этом приборы были установлены на мачтах в шахматном порядке, на расстоянии — 2—3 м друг от друга (во избежание взаимного влияния) и на высоте 0,2; 2; 7; 14 и 32 м над поверхностью почвы. За основной принимали ветер, регистрируемый анеморумбометром, установленным на высоте 32 м; скорость до 2 м/сек не регистрировалась, так как при этом в древостое был штиль.

Изменение средней скорости ветра в лесу в зависимости от скорости свободного ветра приведено в табл. 3. Как видно из таблицы, наибольшая скорость ветра (до 4 м/сек) приходилась на высоту 2 м (отдельные же порывы здесь могут достигать 5—7 м/сек) — то есть на середину между нижней границей полога подроста и поверхностью почвы. В пологе скорость ветра несколько понижалась, а у поверхности земли постепенно затухала. Чем выше скорость ветра над кронами, тем большее относительное замедление она претерпевала под пологом; но общий характер профиля сохранялся. Анализируя материалы, мы пришли к выводу о возможности аналитического выражения изменения скорости ветра в лесу

$$y = \left[ 2,2173 \frac{x}{2} - 0,82710 \left( \frac{x}{2} \right)^2 + 0,09682 \left( \frac{x}{2} \right)^3 - 0,00294 \left( \frac{x}{2} \right)^4 \right] (0,076v + 0,627),$$

где  $v$  — скорость ветра на метеостанции.

При дальнейших исследованиях очень важно провести наблюдения в древостоях с разной высотой и полнотой, а также выяснить влияние подлеска. Это поможет глубже понять развитие лесных пожаров.

УДК 634.0.2

## ТИПЫ ВЫРУБОК В ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСАХ СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

Ю. И. МАНЬКО

(Биолого-почвенный институт Дальневосточного филиала СО АН СССР)

В крайне бедной литературе по Дальнему Востоку содержатся лишь фрагментарные сведения о вырубках в пихтovo-еловых лесах материковой части. Первую попытку обобщения и систематизации имеющихся материалов по классификации вырубков в темнохвойных лесах Дальнего Востока сделал Е. Д. Солодухин. Однако остро чувствуется отсутствие наблюдений по биологии видов, играющих основную роль в зарастании вырубков.

В результате изучения изменений в напочвенном покрове, происходящих после рубок древостоя, а также при воздействии на вырубки огня, нами составлена схема формирования типов вырубков в зависимости от типов леса (рис. 1). Сплошными стрелками показаны основные типы вырубков, формирующиеся после рубок и палов в том или ином типе леса; пунктирными — встречающиеся реже.

В ельнике мелкотравно-зеленомошном на зимних вырубках к концу лета зеленые мхи в значительной степени отмирают, происходит слабое разрастание вейника, расположенного по площади группами. Но в напочвенном покрове по-прежнему общий фон создает таежное мелкотравье.

На вырубках двух- трехлетней давности господствуют вейник и кипрей; на небольшой площади размещаются группы щитовника амурского *Dryopteris amurensis* Lindl. и мелкотравья; часть площади (20—25%) не занята растительностью и покрыта только мертвым слоем мхов. Вейник обильно плодоносит и образует сомкнутые куртины, где создает задернение. Кипрей и малина занимают огнища и минерализованные участки, где встречаются также всходы бузины.

На вырубках четырехлетней давности местами вейник образует сильное задернение. На шестилетних вырубках преобладает вейник, нередко образующий чистые заросли, но чаще согосподствующий с кипреем, реже малиной. Под пологом кипрея и изреженных групп вейника хорошо выражен подъярус из осок (*Carex arnellii* Christ. и др.) и таежного мелкотравья. Во многих случаях выделяются куртины бузины, рассеяно размещенные по площади.

Таким образом, после зимних лесозаготовок с очисткой лесосек по снегу формируется кипрейно-вейниковый, реже вейниковый тип вырубков.

При летних лесозаготовках напочвенному покрову наносятся серьезные повреждения. Он полностью уничтожается на песчаных и магистральных волоках, а также в местах сжигания порубочных остатков. На свежих (одно- двухлетней) вырубках вейник может создавать фон. По минерализованным участкам и по периферии кустриц появляются всходы кипрея. Часть площади занята изреженным таежным мелкотравьем. На третий год вейник разрастается, согосподствуя во многих местах с кипреем; в других случаях фон создает кипрей; чаще же соотношения между вейником и кипреем почти равные. Доля участия кипрея связана со степенью минерализации почвы.

Значительно участие малины. В местах, наиболее прокаленных при сжигании порубочных остатков, растительный покров отсутствует; лишь по краям огнищ встречаются кипрей, малина и вейник. По-прежнему сохраняются пятна мелкотравья. В отдельных случаях на небольших участках разрастается линия северная (*Linna borealis* L.), образующая сильное задернение поверхности почвы.

На вырубках шестилетней давности во многих случаях фон создает кипрей. Имеются большие пятна, занятые вейником и малиной; многие куртины вейника хорошо сомкнуты. Итак, после летних заготовок чаще формируется вейниково-кипрейный тип вырубки.

В ельнике папоротниково-зеленомошном в первые годы после проведения рубок в зимнее время в напочвенном покрове большую роль играет щитовник амурский. При летних лесозаготовках на второй-третий год после рубки в покрове значительное место принадлежит кипрею и вейнику. В последующем роль этих видов усиливается и формирование напочвенного покрова идет в сторону создания кипрейно-вейниковых и вейниково-кипрейных типов вырубков.

В травянисто-моховом ельнике в первый год после зимних заготовок на вырубках обильно разрастается смилацина даурская (*Smilacina dahurica* Turcz.), хвощ лесной (*Equisetum silvaticum* L.) и представители мелкотравья; по площади рас-

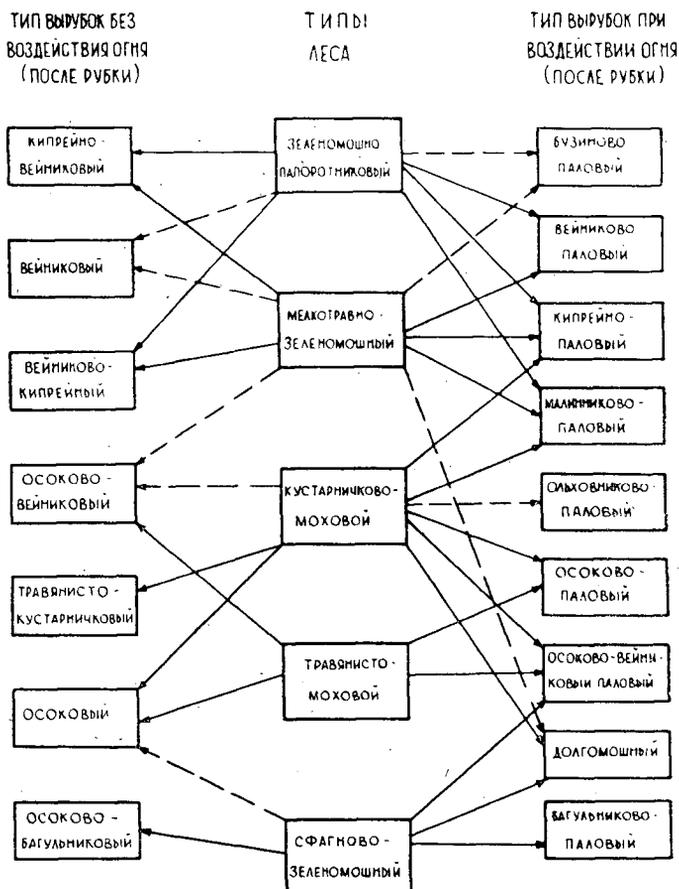


Рис. 1.

сеяны небольшие группы осоки шаровидной и вейника Лангсдорфа. Зеленые мхи и сфагнум отмирают.

На вырубках трехлетней давности осоки создают фон. Кроме того, встречаются группы вейника и кипрея. Задерненность почвы сильная, но неравномерная.

На шестой год после рубки осоки почти сплошь покрывают почву, создавая сильное задернение. На переувлажненных участках встречается осока придатковая [*Carex appendiculata* (Trautv.) Kükenth], образующая почки.

На вырубках в кустарничково-моховых ельниках куртины черничника овальнолистного (*Vaccinium ovalifolium* L.) чередуются с куртинами осоки шаровидной, вейника, небольшими группами кипрея. При летней огневой очистке мест рубок в напочвенном покрове значительно возрастает участие кипрея, вейника и малины.

Вырубки в сфагново-зеленомошных ельниках с лиственницей заняты куртинами багульника широкого (*Ledum macrophyllum* Tolm.), пятнами вейника и осок, группами кипрея. Микропонижения заняты *Sphagnum girgensohnii* Russ.

В формировании типов вырубок после пожаров следует выделить два случая: 1) когда сразу же после рубки древостоя площадь пройдена пожаром; 2) когда палы повреждают вырубку, успевшие зарости травянистой растительностью. В первом чаще формируются кипрейно-паловый, малинничково-паловый, вейниково-паловый и осоково-паловый типы вырубок; во втором пожары (исключая очень устойчивые) способствуют энергичному разрастанию тех видов, которые были на вырубке.

УДК 674.047.3

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

А. Я. БУРСИН

(Архангельский лесотехнический институт)

В Архангельском лесотехническом институте несколько лет назад автором создана и работает экспериментальная установка для изучения высокотемпературной сушки древесины.

**Описание установки.** Установка (рис. 1) состоит из высокотемпературной сушильной камеры 1 с электрообогревом и блока 3 для измерения модуля упругости древесины. Сушильная камера изготовлена на базе трех сушильных шкафов типа Ш-0,05 и внутри представляет собой стальную трубу диаметром 400 мм, наглухо закрытую с одного конца. Внутри труба покрыта серебром (на клее БФ-2) для предохранения от коррозии, снаружи она обернута двумя слоями листового асбеста, на который по длине трубы намотаны последовательно две нагревательные спирали из нихрома (диаметром 1,0 мм).

В камере имеется экран из листового алюминия, выполненный в виде полой трубы 8 и укрепленный на специальных распорках. Внутри экрана для размещения высушиваемых досок 9 сделаны полки 10 из листового алюминия. В камеру одновременно можно загружать 16 досок размером  $25 \times 110 \times 500$  мм. Теплоизоляция камеры осуществляется двумя слоями асбеста и шлаковаты (общей толщиной 120 мм). Четырехлопастный вентилятор 4, приводимый в движение реверсивным трехфазным электродвигателем 5 типа АОЛ 12-4 мощностью 180 вт, с числом оборотов 1450 в минуту, обеспечивает циркуляцию перегретого пара или паровоздушной смеси в камере со скоростью около 3 м/сек. Через каждый час реверс осуществляется командоаппаратом КЭП-12У (КА) через реверсивный магнитный пускатель МКР-0-58, имеющий катушки МП<sub>1</sub> и МП<sub>2</sub>.

На дверце сушильной камеры укреплен специальный «шлюз» 2, предназначенный для извлечения досок во время сушки из камеры через дверцу 14 и крышку 17. (Дверца и крышка имеют уплотнения из губчатой резины.) Для удобства извлечения досок в торцы последних вбивают небольшие гвозди. Шлюз представляет собой коробку из листового оцинкованного железа с теплоизоляцией из шлаковаты, изнутри он освещен электролампочкой напряжением 12 в. Доску во время сушки извлекают из камеры в шлюз с помощью стержня 29 с крючком на конце. Для этого снаружи открывают задвижку дверцы 14, а затем дверцу — при помощи тяги 15. Чтобы извлечь доску из шлюза, дверцу камеры (при помощи тяги 15 и защелки) запирают, затем снимают крышку 17. Крышка имеет застекленное органическим стеклом прямоугольное отверстие и ершик 30 для протирания стекла.

Блок 3 предназначен для измерения прогиба слоев секций (выпиленных из высушиваемой доски) в той же среде, в которой в камере высушивали доску (для последующего определения модуля упругости древесины по методу Б. Н. Уголева [2]). Этот блок представляет собой коробку из листового алюминия, вставленную в коробку из оцинкованной листовой стали размером  $280 \times 350 \times 400$  мм; при этом для теплоизоляции между стенками коробок уложен слой шлаковаты. Во внутренней коробке блока укреплен фарфоровый патрон, в который ввернут электронагреватель от отражательной печи мощностью 480 вт. Внутри блок освещен электролампочкой напряжением 12 в.

При помощи резиновой вакуумной трубки (внутренним диаметром 18 мм) блок с одной стороны соединен с сушильной камерой, а с другой — с автомобильным радиатором 6, который выполняет роль холодильника для отработавшего пара или паровоздушной смеси.

Для измерения прогиба слоев секций доски блок имеет металлические стержни 22 (диаметром 4 мм), на которые укладывают слой секции; рамку со стержнем (из нихромовой проволоки), выходящим через отверстие в нижнюю часть блока и имеющим крюк для подвешивания гирь; стрелочный индикатор часового типа (с ценой деления 0,01 мм) с удлиненным штоком, имеющим полусферическую головку.

Предназначенный для измерения слой секции доски вводят в блок при помощи пинцета через круглое отверстие (в органическом стекле крышки блока), во время работы закрываемое резиновой пробкой.

**Управление процессом сушки и контроль за ним.** Процесс сушки в камере автоматизирован. Для авторегулирования и записи температуры по «сухому» термометру ТПС, записи температуры по «мокрому» термометру ТПМ и внутри высушиваемых досок и по сухому и мокрому термометрам внутри измерительного блока применен электронный автопотенциометр ЭПП-09 М2 (РТ<sub>1</sub>) с одной точкой регулирования и шестью точками записи, со шкалой 0—300°С. Электрическая схема установки приведена на рис. 2.

Датчики температуры — хромель-копелевые термопары, изготавливаемые из соответствующих компенсационных проводов путем их электросварки. Внутри камеры термопары ТПС и ТПМ укрепляют на фарфоровых изоляторах.

Автопотенциометр осуществляет трехпозиционное регулирование температуры по сухому термометру, включая (в зависимости от потребления тепла высушиваемыми досками) через свои контакты 1РТ<sub>1</sub> и 2РТ<sub>1</sub> и реле Р<sub>1</sub> и Р<sub>2</sub> (МКУ-48) обе нагревательные спирали (НСК<sub>1</sub> и НСК<sub>2</sub>) то параллельно, то последовательно, то одну спираль. В первом случае обеспечивается максимум тепла (мощность 1,6 кВт), во втором минимум тепла (0,4 кВт), в третьем случае норма (0,80 кВт).

Заданная температура по мокрому термометру  $t_m$  автоматически поддерживается при помощи одноточечного автопотенциометра ЭПВ-2 (РТ<sub>2</sub>) со шкалой 0—150°С.

Термопару ТПМ (как и термопару ТПС) помещают в запаянную с одного конца стеклянную трубку (внутренним диаметром 2 мм), на которую надевают чулок из батиста. Чулок смачивается дистиллированной водой, поступающей самотеком из резервуара 28 в открытый бачок 11 (через мотоциклетный карбюратор К-30 с регулируемым для воды поплавком). Карбюратор обеспечивает постоянство уровня воды в открытом бачке 11. Как показали опыты, при смачивании чулка термопары ТПМ дистиллированной водопроводной водой разницы в показаниях приборов нет.

При повышении температуры  $t_m$  контакты регулирующего устройства автопотенциометра (2РТ<sub>2</sub>) включают реле Р<sub>4</sub> (МКУ-48), которое в свою очередь включает электродвигатель одноступенчатого компрессора (МК). Компрессор через латунную трубку (диаметром 8 мм) подает в камеру воздух комнатной температуры.

При достижении заданной температуры  $t_m$  контакты автопотенциометра 1РТ<sub>2</sub> и 2РТ<sub>2</sub> замыкаются. При понижении температуры  $t_m$  ниже заданной замыкается контакт 1РТ<sub>2</sub> и включается нагреватель-парообразователь (НП<sub>3</sub>), и образующийся пар поступает в камеру до тех пор, пока  $t_m$  не достигнет заданного значения.

Парообразователь представляет собой колбу (емкостью 1 л) из кварцевого стекла, в которую вставлены две медные, изолированные друг от друга пластинки 20 × 30 мм. При включении нагревателя вода закипает обычно через 1—2 мин. В колбу вода поступает самотеком из резервуара через карбюратор К-30. Как уже указывалось, камера измерительного блока сообщается с сушильной камерой через резиновую трубку.

Отработавший пар поступает в измерительный блок и создает в нем влажность среды, очень близкую к влажности среды в камере, но не обеспечивает постоянства температуры по сухому термометру. Поэтому в измерительный блок поставлен нагревательный элемент 19 (НИБ), включенный в схему с двухпозиционным электрическим регулятором, собранным на базе электронного уравновешенного моста (РТ<sub>3</sub>).

В качестве датчика температуры применен термистор КМТ-14 (ТС) с сопротивлением 450 Ом при температуре +150°С. При повышении температуры в блоке выше заданной контакты регулятора 1РТ<sub>3</sub> выключают нагревательный элемент, при снижении температуры — включают его. Температуру в блоке по мокрому термометру измеряют хромель-копелевой термопарой 21, подключенной к прибору ЭПП-09 М2.

Чулок термопары смачивают дистиллированной водой, наливаемой в открытый бачок, соединенный латунной трубкой с открытым бачком 20, находящимся внутри блока. Влажность высушиваемой древесины контролируется по температуре внутри досок (метод П. И. Ананьина и В. Н. Петри [1]) при помощи термопар, закладываемых в отверстия (диаметром 7 мм) в торцах досок и герметично закрываемых деревянными стержнями-пробками. Показания термопар записываются на ленте прибора ЭПП-09 М2. Окончание сушки (до определенной влажности  $W_{ср} = 7\%$ ) определяется по графику, предложенному Г. Р. Урвановым и В. Н. Петри [3].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Ананьин, В. Н. Петри. Высокотемпературная сушка древесины. Гослесбумиздат, М., 1963. [2]. Б. Н. Уголев. Внутренние напряжения в древесине при ее сушке. Гослесбумиздат, М., 1959. [3]. Г. Р. Урванов, В. Н. Петри. Усовершенствованный метод контроля влажности древесины в процессе высокотемпературной сушки. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 6, 1966.

УДК 58.006(540)

## ЗА РУБЕЖОМ

БОТАНИЧЕСКАЯ СЛУЖБА В ИНДИИ  
И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ БОТАНИКОВ

Н. П. МИЛЕНИНА

(Архангельский лесотехнический институт)

В 1954 г. в Индии был принят закон о реорганизации ботанической службы, согласно которому Главное ботаническое управление в Калькутте координирует деятельность различных организаций страны и проведение научных исследований в биологии.

В ведении управления находятся 5 районных отделений, установленных по фитогеографическим признакам: северное (центр Дерха-Дун) руководит работой в районах Пенджаба и Западных Гималаев; южное (Коимбатур) охватывает большую часть Южной Индии, включая штаты Мадрас, Керала, Андхра и Майсур, западное (центр — Пуна) контролирует проведение научно-исследовательской работы в Западной Индии (штаты Махараштра, Гуджарат, Раджастхан, Куч и Малабарские острова); восточное (Шиллонг) объединяет районы Ассама, Манипура, Трипура, Бутана и Сиккима; центральное (Аллахабад) исследует районы Центральной Индии.

С 1956 г. Главное ботаническое управление руководит работой гербариев в Шиллонге и Пуна, а с 1957 г. — и в Мадрасе.

Центральный национальный гербарий ботанического сада г. Калькутты находится в ведении правительства Индии. Этот всемирно известный гербарий насчитывает более 2,5 млн. видов растений. В научной библиотеке гербария и ботанического сада свыше 30 тыс. томов. В настоящее время сотрудники гербария составляют список индийских растений.

Важные ботанические исследования проводят гербарии, находящиеся в ведении отдельных штатов страны. На базе Национального гербария в 1954 г. была основана Центральная ботаническая лаборатория Индии, которая работает над разрешением цитологических проблем, связанных с улучшением растений методом полиплоидии, и изучает условия выращивания новых экономически ценных видов деревьев, овощей и ягод. В лаборатории работают секции физиологии растений, биохимии, экономической ботаники и отделы по изучению этноботаники и экологии.

Центр ботанических и садоводческих научных исследований Индии — ботанический сад в Калькутте. Этот крупнейший сад Азии, заложенный в 1787 г. на реке Хугли (приток Ганга), занимает площадь в 273 акра.

В 1769—1770 гг. Индия переживала страшный голод, который унес миллионы человеческих жизней. Поэтому необходимо было освоить такие сельскохозяйственные культуры, которые можно было быстро распространить среди голодающего крестьянского населения. Такими культурами явились европейские виды фруктовых деревьев (в Западной Бенгалии их в то время не выращивали) и саговая пальма (которую можно было завезти из Малайи).

В настоящее время в Калькуттском ботаническом саду насчитывается более 12 тыс. растений, сгруппированных по географическим признакам. Здесь имеются две пальмовые и одна орхидейная оранжереи, богатейшие коллекции кактусов и папоротников, ветвистых пальм, а также заросли бамбука.

Гордость ботанического сада — баньяновое дерево — одно из самых больших по размеру деревьев на земном шаре. Оно выглядит не как одно дерево, а как целый лес в миниатюре. Это впечатление создают сотни воздушных корней, которые свисают с веток дерева и тянутся к земле, образуя все новые и новые стволы. У дерева свыше 950 корней, уже проросших в землю. Окружность кроны 1328 футов, высота самой большой ветви 98 футов. Возраст дерева более 200 лет.

Сотрудники ботанического сада проводят большую работу по интродукции растений. За последние 50 лет успешно интродуцировано более 75 видов.

В настоящее время научные сотрудники разрабатывают карту ботанического сада, где будет отмечено каждое дерево.

Живописно расположенный на берегу реки Хугли Калькуттский ботанический сад с его привольными лугами и аллеями, засаженными тропическими растениями, с его

многочисленными прудами и водоемами, где выращиваются разноцветные лотосы, — один из красивейших садов Востока и служит местом отдыха для миллионов людей крупнейшего города Индии. Имеется филиал сада в Дарджилинге, где, в основном, выращивают альпийские виды растений.

Ботаническое управление Индии много внимания уделяет исследованию Андаманских и Никобарских островов, которые до последнего времени оставались практически неизученными. Интенсивно идет исследование горных районов Ассама, Нефа и склонов Западных Гималаев.

Ведется работа по созданию двух национальных орхидариев — в Шиллонге и на Шевройских холмах. Ботаническое управление завершило работу по подготовке к печати словаря индийских растений.

В настоящее время 12 университетов (в Дели, Калькутте, Аллахабаде, Пуне, Лакхнау и других городах) и 6 колледжей (в Бомбее, Агре, Калькутте, Мадрасе, Мератхе, Тривандраме) имеют специальные отделения по изучению ботаники. Они готовят специалистов по анатомии, микробиологии и физиологии растений, цитологии, генетике, микологии и эмбриологии сосудистых растений и по другим вопросам ботаники. Выделены специальные стипендии для подготовки аспирантов-ботаников. В нескольких университетах запланирован прием в аспирантуру для подготовки научных сотрудников, которые должны провести огромную и важную работу по переписи флоры Индии, по ботаническому исследованию лесов и по культивации видов растений, необходимых для развития народного хозяйства страны.

Большую работу по систематике растений Индии ведут сотрудники отделения ботаники в двух научно-исследовательских институтах — в Дехра-Дун и Дели, а также работники отделения ботаники Лесной лаборатории в Бангалуре.

При подготовке статьи использованы приведенные ниже литературные источники: [1]. Combined 51-st and 52-nd Session Indian Science Congress Association, Calcutta, 1964. [2]. Educational Facilities in India and Abroad. Ministry of Education Government of India. V. II, Winter, № 4, 1964. [3]. Fifth World Forestry Congress, Washington, USA, 1960. [4]. Fourth World Forestry Congress, Dehra Dun, 1954.

---

Поступила в редакцию  
3 июля 1967 г.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## ЦЕННАЯ РАБОТА ПО ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

В начале 1967 г. в болгарском издательстве «Земиздат» вышла книга Свилены Николова и Енчо Енчева «Влажность древесины в свежесрубленном состоянии»\*. Большой и весьма интересный фактический материал, приведенный в книге, а также оригинальный подход к освещению отдельных вопросов, привлекают внимание специалистов к этой монографии. Эту книгу с одинаковым интересом прочтут как древесиноведы, так и лесоводы.

В довольно ограниченном объеме книги (11,5 печатных листов) авторам удалось осветить следующие вопросы: суточные колебания влажности древесины (на примере ели, белой пихты и сосны обыкновенной); сезонные колебания влажности древесины бука; влажность древесины (ели и бука) в зависимости от диаметра ствола, а также от высоты расположенный над уровнем моря; коротко (на примере ели) рассмотрен вопрос о влажности древесины деревьев, произрастающих при различной сомкнутости древесного полога; определена влажность ветвей трех хвойных пород. Однако основной объем книги занимает характеристика влажности древесины (исследованной авторами в различных участках ствола) 12 хвойных и 48 лиственных пород.

Влажность древесины определяли в сериях образцов, расположенных по высоте ствола через каждые 3,15 м (для некоторой части пород — через 1 м) и по поперечнику — на четырех радиальных полосах, разделенных на сантиметровые отрезки древесины. Одна из существенных особенностей методики — последующий расчет экспериментально полученных величин с учетом процентного участия пробы в массе древесины ствола.

Результаты наблюдений авторы излагают в 77 таблицах и иллюстрируют 113 графиками. Значительная часть графиков представляет собой схему продольного сечения ствола, перпендикулярно которому ориентированы кривые, отражающие распределение влажности древесины в восходящем ряду диаметров. В итоге получена легко читаемая и своеобразная схема распределения воды в стволе дерева.

При переходе от нижних отрубков к средним и вершинным влажность древесины у одних пород увеличивается (все хвойные, бук, белая акация, липа), у других снижается (гледичия, черный и белый тополя) или остается более или менее одинаковой (различные виды дубов, ясеней, отчасти осины). Типы распределения влажности по диаметру различны. Наиболее распространены следующие типы: высокая влажность в периферической части ствола резко сменяется пониженной влажностью в его средней части. Такое распределение воды в стволе имеют почти все хвойные, из лиственных — черешня и белая акация. Весьма невелики колебания влажности по всему поперечнику ствола у разных видов дубов, ясеней, грабов, ореха, большую влажность центральной части в сравнении с периферической имеют гледичия, береза, явор, платан, берест. У отдельных пород на некоторой глубине от поверхности древесины отмечены максимальные величины влажности (пирамидальный тополь), у других минимальные (ива, черный и канадский тополя). В большинстве случаев в нижней и верхней частях ствола одной и той же породы характер рассматриваемых кривых довольно однотипен, однако для отдельных пород в пределах одного ствола эти кривые разнотипны (бук, ольха, осина). Абсолютные величины влажности различаются в зависимости от условий развития дерева. Эти различия авторы справедливо связывают с долей участия в стволе заболонной и ядровой (или спелой) древесины.

Авторами получены интересные данные о динамике влажности по сезонам (более высокая влажность в зимнее время) и в течение суток (заметная депрессия в полуденные дни).

В заключение следует отметить, что авторы хорошо продумали методику исследования и строго соблюдали ее на протяжении всей своей работы. Благодаря этому данные, относящиеся к разным породам, можно легко сопоставить. Читая рассматриваемый труд болгарских ученых, каждый, интересующийся вопросами влажности древесины, найдет для себя много ценных и полезных сведений.

П. Б. Раскатов.

(Воронежский лесотехнический институт).

\* Свилен Николов, Енчо Енчев. Влажност на дървесината в суво състояние. Земиздат, София, 1967.

## К 80-летию Б. И. ИВАНЕНКО

Борис Иванович Иваненко родился 4 мая 1888 г. в г. Полтаве. В 1913 г. он успешно закончил Московский межевой институт. Уже тогда на основании самостоятельных наблюдений он написал свою первую работу «Исследование хода роста сосновых насаждений Раменской дачи Московской области». За этот труд он получил диплом межевого инженера и был оставлен в институте для подготовки к преподавательской деятельности и для усовершенствования в лесоводственных дисциплинах.

В 1913—1929 гг. Б. И. Иваненко был преподавателем Московского межевого института, в 1919—1923 гг. — Московского лесного техникума, в 1923—1925 гг. — Московского лесного института, в 1934—1946 гг. — доцентом Московского института инженеров земледоустройства, в 1943—1947 гг. заместителем директора по научной части Общественного университета лесного хозяйства. В 1923 г. появился его первый печатный труд «Условия произрастания и типы насаждений Погонно-Лосиног Острова».

В период с 1926 г. по 1937 г. Борис Иванович проводил обширные обследования лесов Ивановской, Костромской и Свердловской областей, Западного Закавказья, Марийской АССР и Нарымского округа Сибири. В это время он опубликовал ряд крупных работ: «Исследование физико-механических свойств древесины авиационной сосны в связи с условиями местопроизрастания», «Техническое обследование новых для авиапромышленности древесных пород Закавказья», «Специализированные хозяйства на авиадревесину твердых лиственных пород».

В 1925 г. Б. И. Иваненко опубликовал первую работу по Крымскому заповеднику «Типы насаждений» государственного Крымского заповедника». Эту тему он углубил и расширил в серии последующих работ.

В типологии лесов Б. И. Иваненко развивал идеи комплексного изучения и широкого использования лесоводственных, геоботанических и статистических методов, признавая необходимость отображения биологических закономерностей в конкретных цифровых показателях.

В период с 1937 г. по 1941 г. он работал вначале в Мордовском, а затем в Крымском государственных заповедниках. Наряду с чисто геоботаническими и лесоводственными исследованиями, он изучал влияние животного мира на возобновление и рост леса. В это время

он написал крупные работы: «Типы леса Мордовского государственного заповедника и естественное возобновление в них» и «Типы леса крымской сосны, естественное возобновление и мероприятия по восстановлению» (1958 г.).

С 1944 г. по 1960 г. Борис Иванович был старшим научным сотрудником во Всесоюзном научно-исследовательском институте лесоводства и механизации лесного хозяйства. Выполняя тему о рубках главного пользования, он разработал крайне необходимые правила рубок в горных лесах Северного Кавказа. В этот период он написал новые обстоятельные статьи: «К вопросу горного лесного хозяйства» (1956 г.), «Рубки главного пользования в горных лесах Северного Кавказа» (1956 г.) и др.

Б. И. Иваненко преследовал определенную цель — дать научно обоснованные способы лесопользования, при этом обеспечить успешное восстановление лесов и предупредить возникновение эрозий и оползней.

Борис Иванович принимал участие в работах Экспедиции по ползащитному лесоразведению. В 1952—1958 гг. он руководил фенологическими наблюдениями всей сети лесных опытных станций системы ВНИИЛМ. В 1937 г. Ученый совет ЛТА присуждает Борису Ивановичу ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук без защиты диссертации. В 1948 г. на Ученом совете Института леса АН СССР он защитил докторскую диссертационную работу на тему «Естественное возобновление в типах лесов крымской и обыкновенной сосны в Крымском государственном заповеднике».

Борис Иванович много раз выступал официальным оппонентом по докторским и кандидатским диссертациям, руководил аспирантскими работами.

С 1961 г. Борис Иванович на пенсии, но он продолжает оставаться членом Ученого совета ВНИИЛМа и активно участвует в его работе. Вместе с этим он является действительным членом ряда научных обществ Московского отделения Всесоюзного географического общества (Московского общества испытателей природы, секции охраны природы Дома ученых в Москве и др.).

Борис Иванович награжден орденом Ленина и медалями, в том числе медалью в память И. В. Мичурина, а также значками «Отличник Министерства сельского хозяйства СССР» и «Отличник Министерства лесного хозяйства СССР».

М. В. Герасимов.

## СОДЕРЖАНИЕ

П. И. Войчалъ. «Лесному журналу» 10 лет . . . . .	3
---	---

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Е. П. Проказин, А. В. Чудный. Наследуемость уровня смолопродуктивности сосны обыкновенной . . . . .	5
М. А. Егоренков. Влияние многолетнего люпина на рост и развитие корневых систем дуба в лесных полосах Украинского Полесья . . . . .	9
В. А. Бугаев, В. В. Лукьянец. Резервы повышения продуктивности лесов Воронежской области . . . . .	12
П. Г. Вдовин. Элементы математической статистики в вопросе густоты посева дуба . . . . .	16
В. Я. Попов. Биологическая устойчивость и рост сеянцев сосны обыкновенной в географических культурах в зависимости от возраста материнских насаждений и их лесотипологического происхождения . . . . .	19
А. Е. Тетенькин. Объемные, сортиментно-сортные и товарные таблицы для древостоев сосны северо-восточной части Свердловской области . . . . .	23
Н. М. Пашков. Зараженность лиственничников Амурской области деструктурирующими грибами . . . . .	26
А. С. Жмакин. Валовая и товарная продуктивность дубовых и осиновых насаждений . . . . .	29
В. Е. Терещенко. Ивовая моль ( <i>Hyponomeuta rorella</i> Hb.) — опасный вредитель пойменных насаждений Нижнего Днепра . . . . .	32
А. Д. Тарабрин. Динамика содержания хлорофилла в хвое сосны и ели в течение года . . . . .	35
В. М. Воробьева. Сбег и объем сучьев сосны района Восточного Саяна . . . . .	37

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. Г. Гастев, Н. А. Гайдар. Некоторые вопросы взаимодействия грузов и стоек лесовозных вагонов . . . . .	41
Л. Ф. Баранников. Коэффициент сопротивления движению трелевочной системы на рубках промежуточного пользования . . . . .	44
Ю. Л. Ковалев. Выбор типа конструкции и параметров подвесок трелевочных тракторов . . . . .	50
В. В. Щелкунов, Л. П. Биричевский. О местных самоуравновешенных напряжениях при сосредоточенной нагрузке . . . . .	55
И. А. Семи́н. О пусковых износах дизелей воздушного охлаждения Д-37М ВТЗ . . . . .	59
Н. С. Смогунов. Подшипники скольжения из прессованной древесины в дорожно-строительных машинах . . . . .	63
Г. М. Анисимов, В. А. Галявичев, А. М. Гольдберг, А. Д. Драке, В. В. Черняев. Исследование эксплуатационных режимов трактора ТДТ-55 . . . . .	67
Н. Г. Корчунов, А. И. Баранов, Э. О. Салминен. Использование древесной смолы для укрепления грунтов . . . . .	74

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. Г. Зылев, В. Н. Петри. Влияние влажности на некоторые физические и технологические свойства лигноуглеводных древесных пластиков из стружки и опилок лиственницы . . . . .	79
Д. А. Беленков. О применимости пробит-анализа для оценки токсичности антисептиков на древесине . . . . .	83
В. В. Янов. Трение втулок, изготовленных методом выдавливания из пресскомпозиций на основе древесных отходов . . . . .	87
Е. И. Хоменко. К методике определения технических свойств древесины тополей при их сортоиспытании . . . . .	91
Т. В. Огаркова. Исследование зависимости коэффициента усушки прессованной древесины от влажности . . . . .	95
О. Б. Денисов, Г. Я. Трайтельман. Исследование процесса и расчет продолжительности прессования древесностружечных плит . . . . .	98
А. А. Касесалу. О физико-механических свойствах березовой древесины в альварных лесах . . . . .	104
Р. П. Алпаткина. Метод исследования коэффициентов влагопроводности древесины . . . . .	105

С. Крутиков. Определенне оптимальной скорости подачи бруса в лесопильную раму . . . . .	112
---	-----

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Я. Солечник, Л. Н. Наткина, Л. И. Лихачева. Изменение полидисперсности целлюлозной части древесины при получении древесных пластиков без добавления связующих . . . . .	116
Н. Завьялов, С. С. Фролов. Исследование процесса окислительной деструкции лигнина в смеси со щелочью в твердой фазе . . . . .	119
Б. Некрасов, А. Л. Агранат, Ф. Т. Солодкий. Некоторые результаты работы опытно-промышленной установки получения фитостерина . . . . .	124
А. Лямин, К. И. Зимица. Получение смолы из сосновых пней . . . . .	127
З. Пен. К вискозиметрическому определению молекулярных масс препаратов лигнина . . . . .	131
Б. Кунтыш, Ф. М. Иохведов. Определение оптимального отношения скоростей потоков в теплоуловителях бумажных машин . . . . .	135
Д. Богомолов, С. Б. Пальмова, Е. Д. Гельфанд. О карбоильных группах щелочных лигнинов . . . . .	139

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

М. Кожин. Об отраслевых нормативах отчислений от прибыли в фонды экономического стимулирования для ремонтных предприятий . . . . .	143
И. Горышин. Определенне экономической эффективности внедрения новой техники и реконструкции объектов на действующих предприятиях лесной промышленности . . . . .	146

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. Яитовский. Синтез оптимальных по быстродействию законов движения для разбегов рабочего звена . . . . .	148
---	-----

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. Глазов. Коэффициенты вариации отдельных таксационных признаков у деревьев в древостоях . . . . .	155
С. Гелес. Электронномикроскопическое изучение строения пор . . . . .	157
Г. Вакулюк. Некоторые итоги создания культур быстрорастущих пород в Житомирской области . . . . .	158
Г. Берозашвили. К вопросу о созревании семян белой акации ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.) . . . . .	159
И. Кравченко. Некоторые особенности роста ели в связи с густотой древостоев . . . . .	160
А. Корякин. Ход роста и процесс естественного изреживания густых культур дуба . . . . .	162
В. Чубатый. К вопросу о роли спелых буковых древостоев Карпат в регулировании стока с горных склонов . . . . .	164
Н. Валендик. Трансформация ветра в лесу . . . . .	166
И. Манько. Типы вырубков в пихтово-еловых лесах северного Сихотэ-Алиня . . . . .	168
Я. Бурсин. Экспериментальная установка для исследования высокотемпературной сушки древесины . . . . .	170

### ЗА РУБЕЖОМ

П. Миленина. Ботаническая служба Индии и подготовка специалистов-ботаников . . . . .	172
--	-----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Б. Раскатов. Ценная работа по влажности древесины . . . . .	174
---	-----

### ЮБИЛЕИ

А. В. Герасимов. К 80-летию Б. И. Иваненко . . . . .	175
--	-----

## «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2 ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ (Год издания одиннадцатый)

Сдан в набор 1/III 1968 г. Подписан к печати 25/IV 1968 г. Форм. бум. 70×108/16. Печ. л. 5,4 - 4-6 вклеек. Физ. л. II. Уч.-изд. л. 15,361. Тираж 1850. Сл. 00425. Заказ № 576. Цена 1 руб.

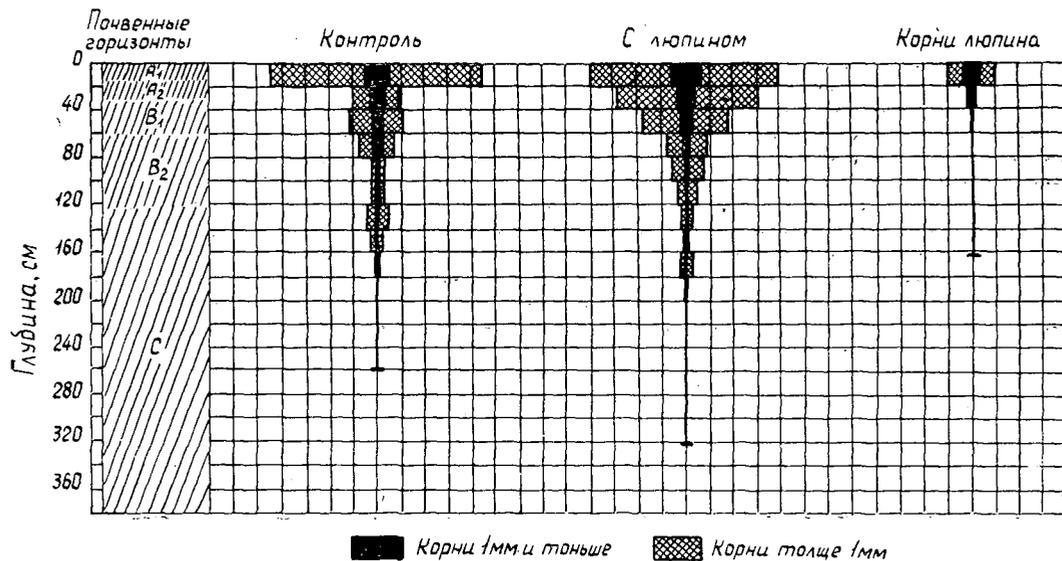


Рис. 1. Распределение корней дуба и люпина по 20-сантиметровым слоям почвы (г на 1 м<sup>2</sup>) в 8-летних культурах. Масштаб: в 1 см — 50 г.

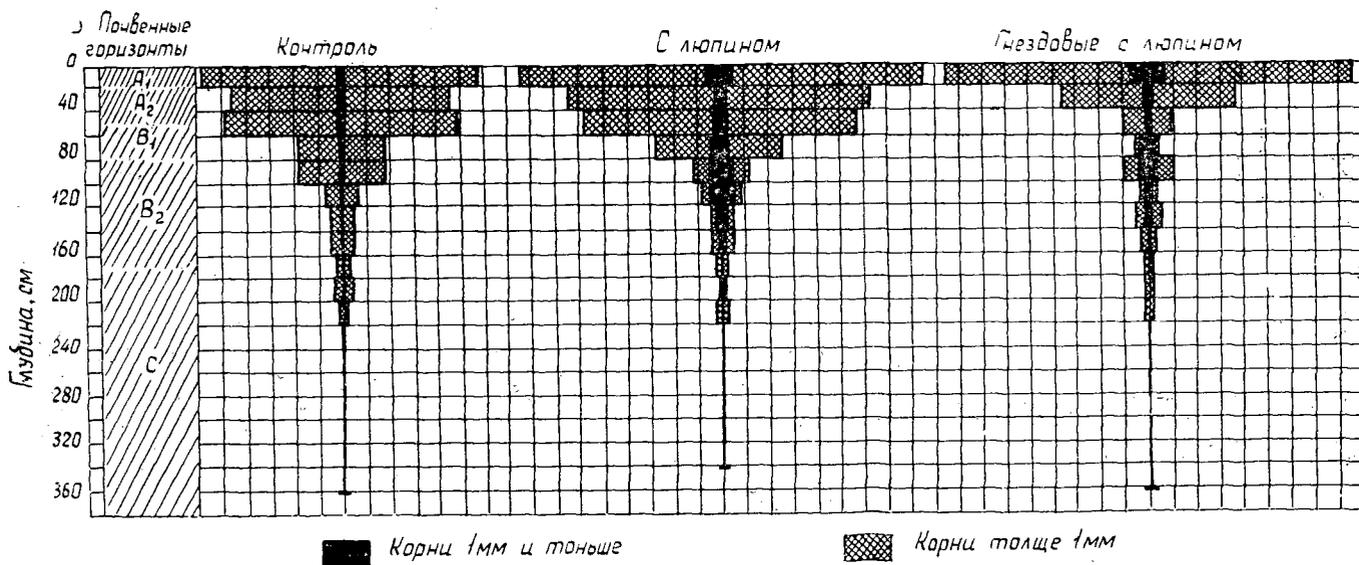


Рис. 2. Распределение корней по 20-сантиметровым слоям почвы (г на 1 м<sup>2</sup>) в 16-летних культурах дуба. Масштаб тот же.

Таблица 1

Сортиментно-сортные таблицы для древостоев сосны северо-восточной части Свердловской области

Степень толщины, см	Средняя высота, м	Объем одного ствола в коре, м <sup>3</sup>	Выход, %, взаимозаменяемых сортиментов по сортам												Итого по укрупненным классам толщины			Итого деловой	Дрова	Итого ликвидной	Отходы	Всего		
			I			II			III			IV												
			и укрупненным классам толщины																					
I-III	IV-VII	итого	I-III	IV-VII	VIII-X	итого	I-III	IV-VII	VIII-X	итого	I-III	IV-VII	итого	I-III	IV-VII	VIII-X								
IV разряд высоты																								
4	10,0	0,0067	—	—	—	—	—	61	61	—	—	13	13	—	—	—	—	—	74	74	1	75	25	100
8	14,5	0,038	—	—	—	—	—	70	70	—	—	12	12	—	—	—	—	—	82	82	1	83	17	100
12	17,5	0,099	—	—	—	—	—	74	74	—	—	11	11	—	—	—	—	—	85	85	2	87	13	100
16	19,5	0,194	—	7	7	—	—	68	68	—	—	10	10	—	2	2	—	9	78	87	2	89	11	100
20	21,5	0,327	—	35	35	—	6	30	36	—	3	10	13	—	4	4	—	48	40	88	2	90	10	100
24	22,5	0,498	—	36	36	—	23	30	30	—	5	13	18	—	4	4	—	68	20	88	3	91	9	100
28	24,0	0,707	8	24	32	1	27	—	28	—	12	11	23	2	3	5	11	68	11	88	3	91	9	100
32	24,5	0,950	27	3	30	9	19	—	28	1	17	7	25	3	2	5	40	41	7	88	4	92	8	100
36	25,0	1,22	30	—	30	25	3	—	28	2	18	5	25	4	1	5	61	22	5	88	4	92	8	100
40	25,5	1,53	30	—	30	27	—	—	27	5	16	4	25	5	—	5	67	16	4	87	5	92	8	100
44	25,5	1,86	30	—	30	27	—	—	27	9	13	3	25	5	—	5	71	13	3	87	5	92	8	100
48	25,5	2,22	30	—	30	27	—	—	27	12	10	3	25	5	—	5	74	10	3	87	5	92	8	100
52	26,0	2,62	30	—	30	27	—	—	27	14	9	2	25	5	—	5	76	9	2	87	5	92	8	100
56	26,0	3,05	30	—	30	27	—	—	27	15	8	2	25	5	—	5	77	8	2	87	5	92	8	100
60	26,0	3,51	30	—	30	27	—	—	27	15	8	2	25	5	—	5	77	8	2	87	5	92	8	100

Таблица 2

Товарные таблицы (фрагмент) для древостоев сосны северо-восточной части Свердловской области

Средние древостоев элемента леса		Выход, %, взаимозаменяемых сортиментов по сортам												Итого по укрупненным классам толщины			Итого деловой	Дрова	Итого ликвидной	Отходы	Всего		
		I			II			III			IV												
		и укрупненным классам толщины																					
H, м	D, см	I-III	IV-VII	итого	I-III	IV-VII	VIII-X	итого	I-III	IV-VII	VIII-X	итого	I-III	IV-VII	итого	I-III	IV-VII	VIII-X					
I разряд товарности																							
16-17	16	1	16	17	—	8	41	49	—	3	12	15	—	3	3	1	30	53	84	6	90	10	100
	18	2	17	19	1	13	30	44	—	5	13	18	—	3	3	3	38	43	84	6	90	10	100
	20	3	17	20	2	15	20	37	—	8	15	23	1	3	4	6	43	35	84	6	90	10	100
	22	5	16	21	4	16	13	33	—	11	15	26	1	3	4	10	46	28	84	7	91	9	100
	24	7	13	20	6	15	8	29	—	15	16	31	2	2	4	15	45	24	84	7	91	9	100
	26	9	11	20	8	14	5	27	1	16	16	33	2	2	4	20	43	21	84	7	91	9	100
	28	11	8	19	12	11	3	26	1	18	15	34	3	2	5	27	39	18	84	7	91	9	100
22-23	22	7	22	29	3	15	16	34	—	8	10	18	1	3	4	11	48	26	85	6	91	9	100
	24	10	20	30	5	16	11	32	1	9	9	19	2	2	4	18	47	20	85	6	91	9	100
	26	14	15	29	8	16	7	31	1	12	8	21	2	2	4	25	45	15	85	6	91	9	100
	28	16	12	28	11	14	5	30	2	13	7	22	3	2	5	32	41	12	85	7	92	8	100
	30	19	9	28	15	11	3	29	2	14	7	23	3	2	5	39	36	10	85	7	92	8	100
	32	20	7	27	18	9	2	29	3	15	6	24	4	1	5	45	32	8	85	7	92	8	100
	34	22	5	27	20	7	1	28	4	15	6	25	4	1	5	50	28	7	85	7	92	8	100
	36	23	4	27	22	5	1	28	5	15	5	25	4	1	5	54	25	6	85	7	92	8	100

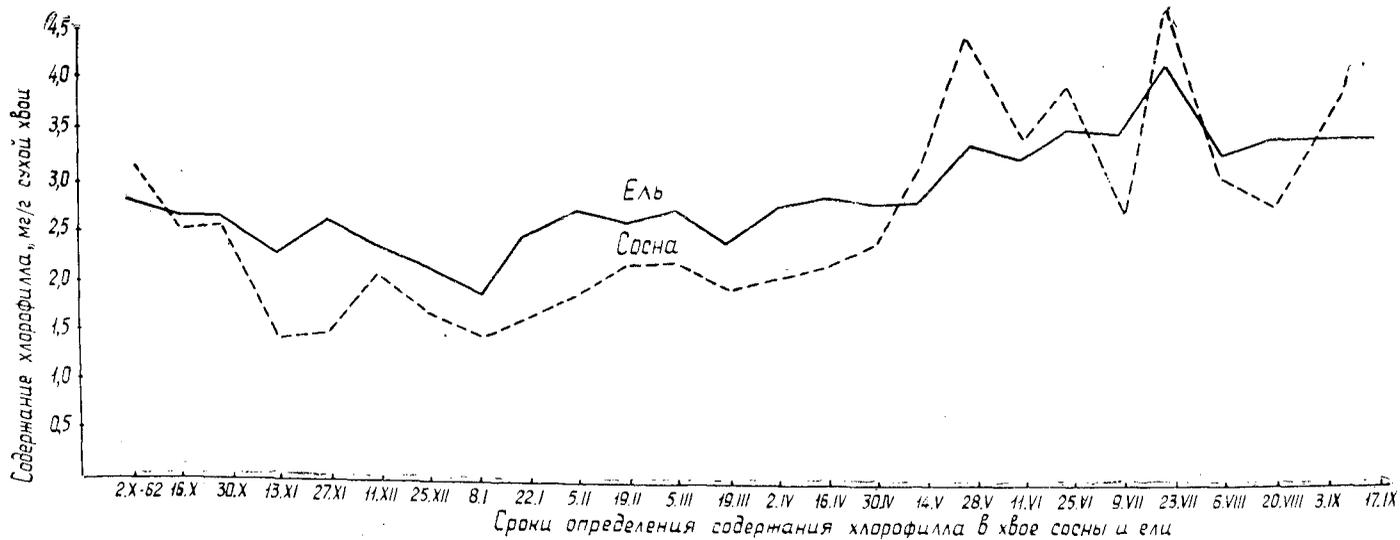


Рис. 1

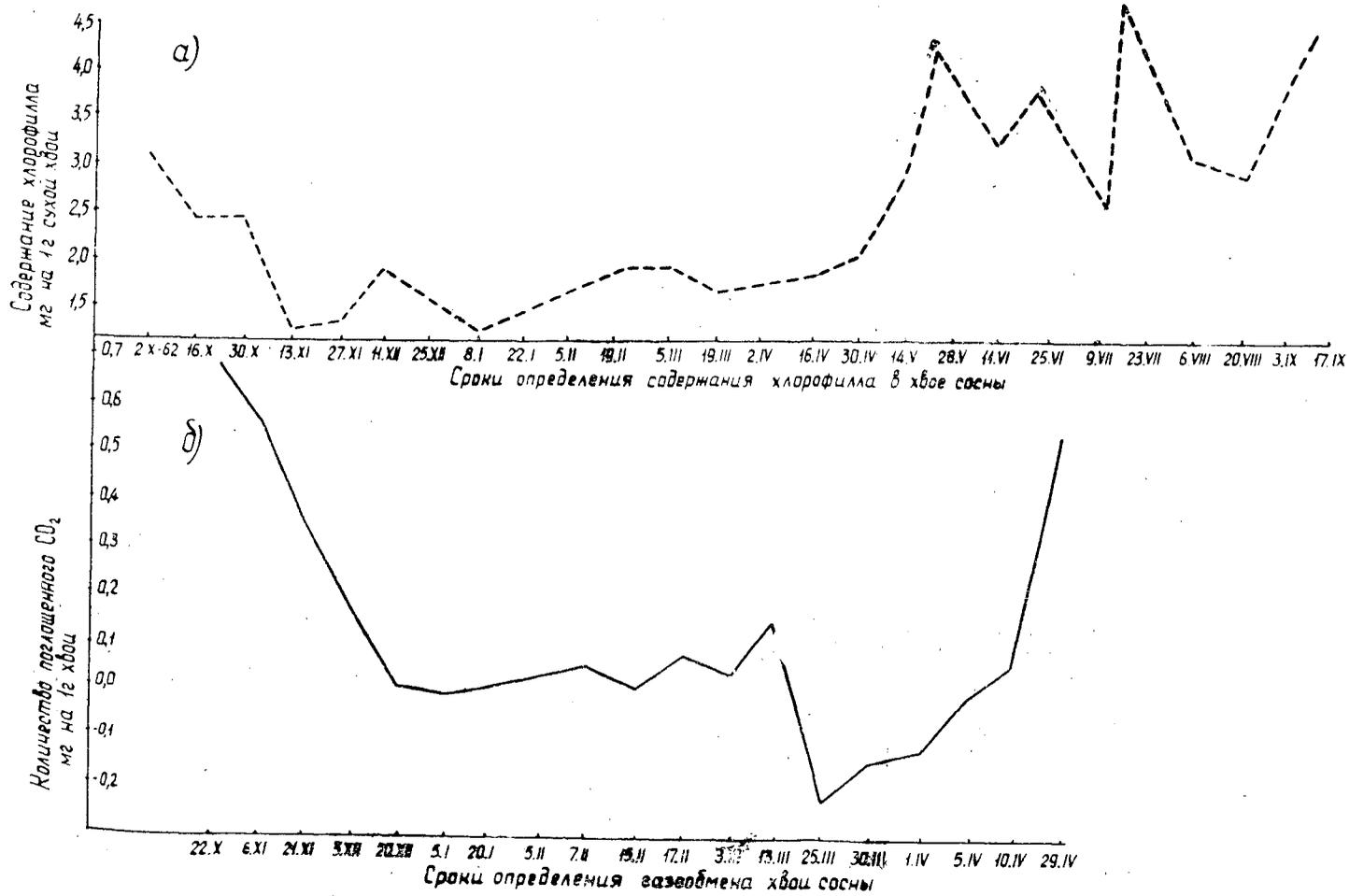


Рис. 2

Таблица 3

$D_0$ , см \ L, м	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0
0,5	0,001	0,005	0,009	0,013	0,020	0,027	0,035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	—	0,010	0,018	0,026	0,041	0,054	0,071	0,091	0,113	0,136	—	—	—	—	—	—	—	2,11	2,60	3,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	—	—	0,027	0,039	0,061	0,081	0,106	0,137	0,169	0,204	0,244	0,281	0,328	—	—	—	—	2,46	3,03	3,55	4,13	4,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	—	—	—	0,053	0,082	0,108	0,141	0,182	0,226	0,272	0,325	0,375	0,438	0,506	0,689	0,894	—	2,81	3,47	4,06	4,72	5,51	6,30	7,16	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	0,102	0,135	0,176	0,228	0,281	0,340	0,406	0,469	0,547	0,633	0,860	1,12	1,42	3,16	3,90	4,57	5,31	6,20	7,09	8,06	9,10	10,20	—	—	—	—	—
3,0	—	—	—	—	—	0,162	0,212	0,274	0,338	0,408	0,487	0,512	0,656	0,758	1,03	1,34	1,70	3,52	4,33	5,08	5,90	6,89	7,88	8,95	10,11	11,34	12,57	14,02	—	—	—
3,5	—	—	—	—	—	—	0,237	0,320	0,394	0,475	0,568	0,656	0,766	0,884	1,21	1,57	1,99	3,87	4,75	5,58	6,49	7,68	8,67	9,85	11,12	12,46	13,82	15,42	16,97	18,71	22,38
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	0,450	0,543	0,649	0,750	0,876	1,01	1,38	1,79	2,26	4,22	5,18	6,09	7,08	8,27	9,46	10,75	12,13	13,59	15,07	16,82	18,51	20,42	24,20
4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,730	0,843	0,985	1,14	1,55	2,03	2,55	—	5,63	6,60	7,67	8,96	10,25	11,65	13,14	14,76	16,32	18,22	20,05	22,12	26,21
5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,09	1,27	1,72	2,24	2,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,39	1,89	2,47	3,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,68	3,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Параметр $N$	Границы параметра $N$ для оптимальных законов движения		Основной расчетный параметр	Продолжительность разбега	Формулы расчета законов движения
	верхняя	нижняя			
$N = \frac{[P]}{v_T \cdot Mv} \cdot \frac{\lambda}{1 + \lambda}$	$\infty$	$e^{-\frac{1}{4}\xi\tau}$	—	0	$s = v_T t$
	$e^{-\frac{1}{4}\xi\tau}$	$\frac{1 + e^{-\frac{1}{4}\xi\tau}}{4\pi}$	$\chi = 1 - 4\pi \frac{4\pi - Ne^{\frac{1}{2}\xi\tau} + \sqrt{e^{\frac{1}{2}\xi\tau} [(4\pi N - 1)^2 + N^2]} - 1}{1 + 16\pi^2 - e^{\frac{1}{2}\xi\tau}}$	$2\tau$	$s = \frac{4\pi v_T}{v} \left[ \chi \frac{t}{T_{II}} + \frac{1 - \chi}{2} \left( \frac{t}{T_{II}} \right)^2 \right]$
	$\frac{1 + e^{-\frac{1}{4}\xi\tau}}{4\pi}$	$\frac{e^{-\frac{1}{2}\xi\tau}}{4\pi}$	$\mu_{III} = \frac{1 + e^{-\frac{1}{2}\xi\tau}}{2\pi N}$	$\mu_{III}\tau$	$s = \frac{\pi v_T}{v} \mu_{III} \left( \frac{t}{T_{III}} \right)^2$
	$\frac{e^{-\frac{1}{2}\xi\tau}}{4\pi}$	0	$\mu_{IV} = \frac{1}{2\pi N} + 2$	$\mu_{IV}\tau$	$s_A = \frac{v_T}{\pi(\mu_{IV} - 2)v} \left[ \frac{t}{T_A} + \frac{4\pi^2}{3} \left( \frac{t}{T_A} \right)^3 \right]$ $s_B = \frac{\pi(\mu_{IV} - 4)^2 v_T}{(\mu_{IV} - 2)v} \left( \frac{t}{T_B - T_A} \right)^2$ $s_C = \frac{4\pi v_T}{(\mu_{IV} - 2)v} \left[ \left( \frac{t}{T_{IV} - T_B} \right)^2 - \frac{1}{3} \left( \frac{t}{T_{IV} - T_B} \right)^3 \right]$

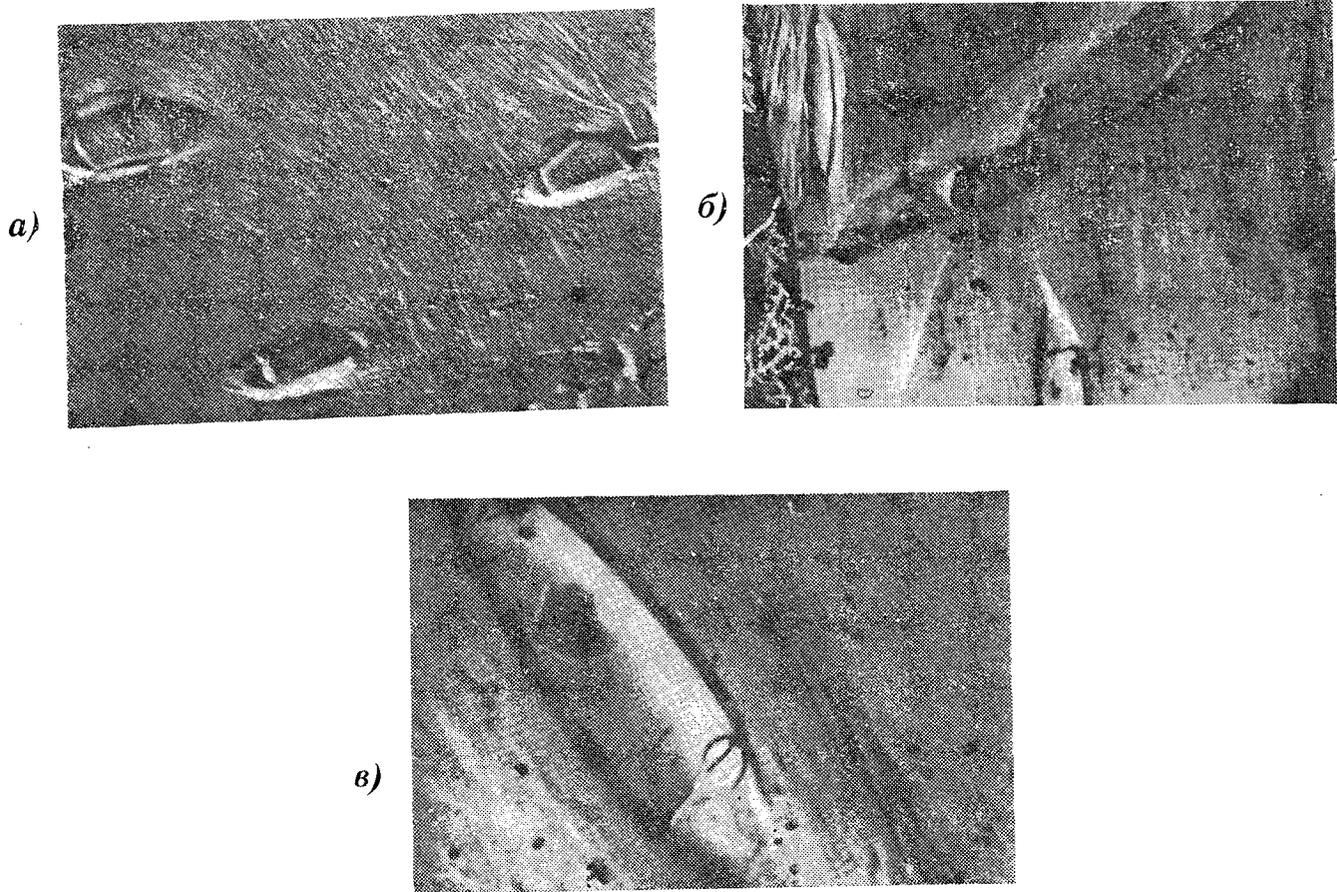


Рис. 1. Электронномикроскопические снимки двух-  
ступенчатой реплики с древесины ели.

*a* — видны три трахеидные поры, в каждой из которых достаточно хорошо выявлено окаймление (увеличение в 5000 раз); *б* — поры имеют очень удлиненную форму (увеличение в 5000 раз); *в* — отсутствует выраженная структура окаймления и запирающей оболочки (увеличение в 10 000 раз).

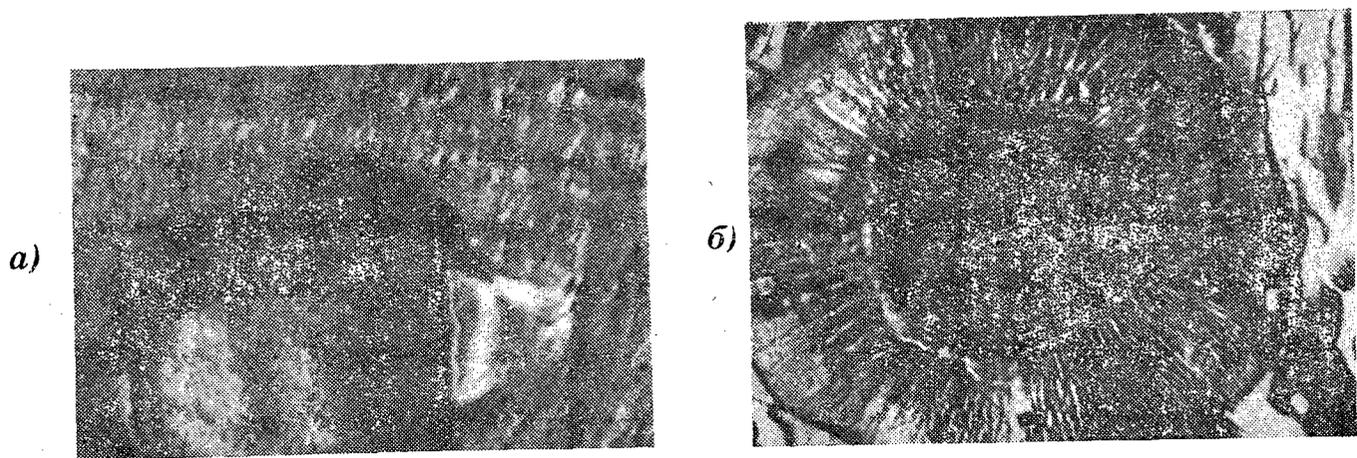


Рис. 2. Электронномикроскопические снимки двухступенчатой реплики с сульфитной целлюлозы.

*a* — отчетливо выявляется лигнификация окаймления трахеидной поры (увеличение в 10 000 раз); *б* — лигнифицированный торус и сеть микрофибрилл окаймленной поры (увеличение в 10 000 раз).



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр **высших учебных заведений**. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства.

Статьи, представляемые в журнал, не должны превышать 6 страниц машинописного текста. Статьи, превышающие указанный объем, к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *I* и *J*,  $\zeta$  и  $\xi$ .

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и математических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скоб-

ках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, на матовой бумаге, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке. Редакция просит авторов ограничиваться минимальным количеством рисунков.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 отисков своей статьи. Гонорар авторам не выплачивается.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь  
на журнал на 1968 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Р а з д е л  
„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967 и 1968 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».