

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ТРЕТИЙ

3

1960

---

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Доц. **Ф. И. Коперин** (отв. редактор), доц. **П. И. Войчалъ** (зам. отв. редактора), председатель Архангельского совнархоза **И. Е. Воронов**, проф. **А. Е. Грубе** (зам. отв. редактора), проф. **М. Д. Данилов**, проф. **В. К. Захаров**, проф. **О. Г. Каппер**, проф. **С. Я. Коротов**, проф. **Ф. М. Манжос**, акад. ВАСХНИЛ проф. **И. С. Мелехов**, проф. **И. М. Науменко**, доц. **Н. В. Никитин**, доц. **С. И. Рахманов**, 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 и лесохозяйственных институтов.

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная имени Сталина, 17.  
Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ИССЛЕДОВАНИЯ ХОДА РОСТА БЕЛОАКАЦИЕВЫХ  
НАСАЖДЕНИЙ ЮЖНЫХ РАЙОНОВ УССР

М. В. ДАВИДОВ

Профессор

(Украинская академия сельскохозяйственных наук)

Перед лесоводами нашей страны поставлены такие серьезные задачи, как восстановление леса на вырубках и повышение лесистости степных и лесостепных районов путем облесения неудобных земель. Последнее особенно относится к Украине, где процент лесистости сравнительно невелик (12,8%). Здесь имеются большие массивы нижнеднепровских песков (208 тыс. га), еще недостаточно эффективно используемые сельским и лесным хозяйством. Между тем, при надлежащей лесокультурной технике, на указанной площади можно культивировать не только сосну обыкновенную, но и белую акацию, хорошо акклиматизировавшуюся в южных районах УССР. Так, на нижнеднепровских песках белая акация растет на погребенных почвах или на песках с суглинистыми прослойками [1].

Известные особенности белой акации, сравнительно мало изученной в СССР, побудили автора провести специальные исследования хода роста белоакациевых насаждений, в первую очередь в южных районах УССР, где главным образом и создавались культуры этой породы, преимущественно в трех областях: Херсонской, Запорожской и Днепропетровской.

По данным учета на 1/1-1958 г. площадь, занимаемая насаждениями белой акации на Украине, составляла 6,7 тыс. га, а в соседней Молдавской ССР — 15,5 тыс. га.

Возрастной состав белоакациевых насаждений УССР характеризуется следующими данными:

Т а б л и ц а 1

Группа возраста насаждений	Возраст, лет	Площадь	
		тыс. га	%
Молодняки . . . . .	1—10	4,3	64,2
Средневозрастные . . . . .	11—15	1,7	25,4
Приспевающие и спелые . . . . .	16 и более	0,7	10,4

В соответствии с намеченной программой объектом исследования были избраны белоакациевые насаждения Голопристанского лесхоза Херсонской области, расположенного среди одного из песчаных массивов нижнеднепровских песков, вдоль левого берега р. Днепра. Естественно-

исторические условия района исследования достаточно подробно охарактеризованы в литературе [2], поэтому в повторном их описании нет необходимости.

Исследованные культуры, созданные известным лесничим Борткевичем в период с 1920 по 1930 г., на площади 110 га, произрастают на погребенных почвах при сравнительно близком залегании грунтовых вод (2—4 м). При создании культур применялись два способа: рядовая посадка (1,5 × 0,7 м) под меч Колесова и «канавный» способ. В последнем случае сеянцы белой акации высаживались в канавы глубиной 1 м, вырытые на расстоянии 6 м одна от другой, а в рядах на расстоянии 1 м. Уход за посадками осуществлялся вручную. За военные годы часть культур была вырублена и на местах вырубки появились насаждения белой акации вегетативного происхождения. Поэтому необходимо было исследовать ход роста не только культур белой акации, но и насаждений, возникших порослевым путем.

Исходя из известного в лесной таксации метода «указательных» насаждений, положенного в основу при настоящем исследовании, нужно было найти культуры белой акации, а также порослевые насаждения данной породы в наиболее старшем возрасте. В целях контроля намечалось закладывать по две пробных площади в указанном возрасте. Выбор этих проб производился весьма тщательно. После их обмера и общего описания срубали по 12—13 моделей из различных ступеней толщины и подвергали их в дальнейшем полному анализу. Взятие указанного числа моделей, как показали исследования проф. В. К. Захарова, обеспечивает достаточную точность определения хода роста насаждений по среднему диаметру и средней высоте [3].

Чтобы подкрепить данные, получаемые в результате анализа моделей, необходимо помимо «указательных» насаждений располагать еще пробными площадями, которые характеризовали бы насаждения исследуемого естественного ряда в более молодых возрастах. Разумеется, все заложенные пробы должны отвечать требованиям, которые обыкновенно предъявляются при составлении таблиц хода роста.

Обработку материала начинали с анализа моделей. Результаты анализа хода роста по диаметру и высоте (по пятилетиям или десятилетиям) обрабатывали методом вариационной статистики. Выравнивание полученных данных производилось графическим методом. При этом были использованы не только данные анализа моделей, но и результаты определения средних диаметров и высот на пробных площадях. При такой обработке материала имеется возможность убедиться и в принадлежности насаждений к одному типу развития (естественному ряду) и более надежно установить ход роста их по диаметру и высоте.

При дальнейшей обработке материала используют прежде всего уже накопленные данные по исследованию хода роста насаждений.

При отсутствии таблиц хода роста для исследуемых насаждений изменение во времени сумм площадей сечения устанавливается по данным непосредственных наблюдений на заложенных пробных площадях; целесообразно при этом увязать их также со средними высотами насаждений.

По результатам обработки модельных деревьев находили зависимость между высотами их  $h$  и видовыми высотами  $hf$ . При построении графика были использованы также средние высоты  $H$  и видовые высоты насаждений  $HF$  по данным пробных площадей (рис. 1). После графического выравнивания видовых высот в зависимости от средних высот можно определить запас по известной формуле

$$M = GHF,$$



где  $M$  — запас на 1 га в  $m^3$  в данном возрасте;

$G$  — сумма площадей сечений на 1 га при данном возрасте и средней высоте;

$Hf$  — видовая высота при данном возрасте и средней высоте.

Остальные таксационные признаки — число стволов, видовые числа, текущий и средний приросты по запасу — находили также вычислительным путем. Размеры естественного отпада (или вырубаемой части насаждения) были установлены приближенно при таксации пробных площадей, с учетом опубликованных данных. По данной методике и был собран необходимый материал для построения эскиза таблиц хода роста насаждений белой акации.

В 1958 г., в результате работы в двух лесничествах Голопристанского лесхоза было заложено двенадцать пробных площадей, из них непосредственно было использовано девять (№ 1, 5, 6, 7, 8 и 9 — Гладковского и № 2, 3 и 4 — Голопристанского лесничества). В соответствии с принятым методом исследования было срублено и проанализировано 54 модельных дерева. В табл. 2 приводится таксационная характеристика заложенных пробных площадей.

Таблица 2

№ пробной площади	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов на 1 га	Сумма площадей сечений, $m^2/га$	Запас $m^3/га$
Порослевые белоакациевые насаждения						
1	6	7,5	6,1	2480	7,3	35
2	16	14,4	11,0	1452	13,7	100
3	17	15,2	10,1	1240	9,9	74
4	17	15,4	9,8	1370	10,3	77
5	18	16,4	12,8	1270	16,2	128
Семенные белоакациевые насаждения						
6	8	6,7	5,8	2200	5,8	26
7	9	8,9	6,8	2700	9,7	52
8	30	20,2	27,0	344	19,7	180
9	32	20,5	26,7	328	18,3	170

Примечание: Состав насаждения на пробной площади № 9: 8 белой акации, 2 осокоря; в остальных случаях — чистые белоакациевые древостои.

Располагая таксационной характеристикой пробных площадей и данными анализа модельных деревьев, можно было приступить к построению таблицы хода роста исследуемых насаждений. При выполнении этой работы был использован графический метод, обычно применяемый при такого рода исследованиях.

Прежде всего был установлен ход изменения средних высот семенных и порослевых белоакациевых насаждений. Полученные результаты при сопоставлении с общепонитировочной шкалой показали, что средние высоты насаждений белой акации не укладываются в эту шкалу.

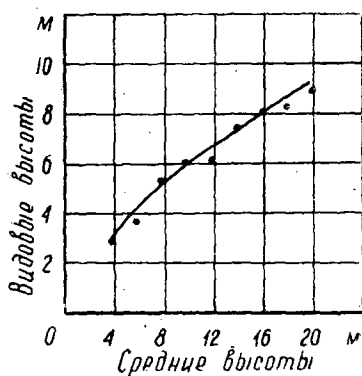


Рис. 1. График зависимости между высотами и видовыми высотами в насаждениях белой акации.

Таблица 3

Возраст лет	Номер пробной площади		
	4	5	к
5	$3,3 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,5$	$5,5 \pm 0,3$
	$5,0 \pm 0,7$	$5,4 \pm 0,5$	$5,0 \pm 0,3$
10	$7,3 \pm 0,9$	$7,8 \pm 0,6$	$9,8 \pm 0,5$
	$9,5 \pm 0,9$	$10,8 \pm 0,7$	$9,2 \pm 0,4$
15	$9,1 \pm 1,1$	$10,4 \pm 0,9$	$13,9 \pm 0,7$
	$13,0 \pm 0,9$	$15,0 \pm 0,7$	$12,2 \pm 0,6$
20			$18,8 \pm 1,1$
			$15,5 \pm 0,6$
25			$23,5 \pm 1,5$
			$18,0 \pm 0,4$
30			$27,0 \pm 1,6$
			$20,2 \pm 0,1$

Примечания: 1. Диаметры были вычислены по формуле  $d_g = \sqrt{d_n^2 + \sigma^2}$ , где  $d_g$  — диаметры, определяемые по площади сечения;  $d_n$  — диаметры, найденные статистическим путем;  $\sigma$  — средние квадратичные отклонения. 2. В числителе указаны средние диаметры, в знаменателе — средние высоты. 3. Точность определения диаметров  $\pm 8,5\%$  (от 4,1 до 14,8), высот  $\pm 6,5$  (от 0,4 до 12,7).

Производя соответствующие графические построения, пришлось дополнить ее более высокими классами бонитета; при этом оказалось, что порослевые белоакациевые насаждения относятся к 1б бонитету, а семенные к I в.

Далее необходимо было разрешить вопрос о полноте 1,0 для сомкнутых белоакациевых насаждений. Вследствие отсутствия в СССР опубликованных данных о ходе роста насаждений белой акации, полноту 1,0 пришлось установить по материалам лесоустройства и отрывочным сведениям о данной породе, известным из литературы [4], [5], [6].

В результате обработки этих материалов была получена следующая зависимость между средними высотами и наибольшими суммами площадей сечения, характеризующими абсолютную полноту исследуемых насаждений, равную единице (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4

Средняя высота, м	Сумма площадей сечения в м <sup>2</sup> /га
4	3,4
6	7,1
8	11,0
10	14,3
12	17,9
14	20,8
16	23,3
18	25,7
20	27,8

Эти цифры были сопоставлены с соответствующими данными для нормальных насаждений других лиственных пород, в частности, черноольховых и буковых. При этом оказалось, что суммы площадей сечений (на 1 га) в сравниваемых древостоях, при одинаковых средних высотах, весьма близки между собой. На этом основании можно было считать, что найденная нами зависимость действительно характеризует полноту сомкнутых насаждений белой акации. Подтверждение этому мы имели и на пробных площадях, заложенных в белоакациевых насаждениях. Полнота их, определенная глазомерно при таксации проб, почти совпала с вычисленной.

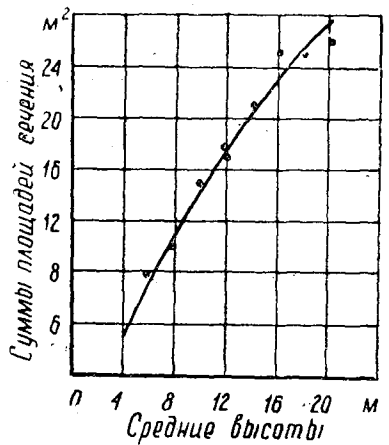


Рис. 2. График зависимости между средними высотами и суммами площадей сечения в насаждениях белой акации.

Исходя из данных, помещенных в таблице, и установив рост насаждений по высоте, легко было увязать суммы площадей сечений с возрастом. Дальнейшая обработка материала производилась в соответствии с изложенной выше методикой.

Полученные нами главнейшие таксационные показатели исследуемых насаждений по пятилетиям сведены в следующую таблицу.

Таблица 5

Возраст	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечения м²/га	Число стволов на 1 га	Запас м³ на га	Прирост м³ на га		Видовое число 0,001
						текущий	средний	

## Порослевые белоакациевые насаждения

## Высший бонитет (Iб)

5	5,8	3,6	6,9	6765	27	—	5,4	670
10	10,1	7,6	14,6	3216	86	11,8	8,6	586
15	13,9	10,2	20,5	2509	146	12,0	9,7	515
20	17,0	12,0	24,7	2186	200	10,8	10,0	478

## Семенные белоакациевые насаждения

## Высший бонитет (Iв)

5	5,0	4,7	5,2	3006	18	—	3,6	695
10	8,8	9,3	12,5	1841	67	9,8	6,7	611
15	12,4	14,0	18,4	1195	121	10,8	8,1	534
20	15,4	18,3	22,7	862	173	10,4	8,7	496
25	18,2	22,7	26,0	642	221	9,6	8,9	468
30	20,2	27,0	28,0	489	256	6,8	8,5	454

Анализируя данные этой таблицы, можно видеть, что в ходе роста по высоте лучшие порослевые насаждения белой акации обгоняют семенные, имея в одном и том же возрасте среднюю высоту на 1—2 м выше. Однако в росте по диаметру порослевые насаждения существенно отстают от семенных.

Разница в средних диаметрах в 15—20 летнем возрасте достигает 4—6 см, что имеет большое значение при установлении сортиментной структуры насаждений.

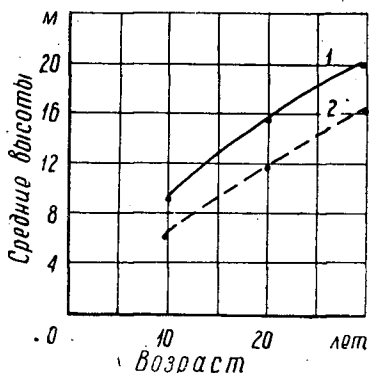


Рис. 3. Ход роста в высоту в насаждениях белой акации 1 и черной ольхи 2 семенного происхождения.

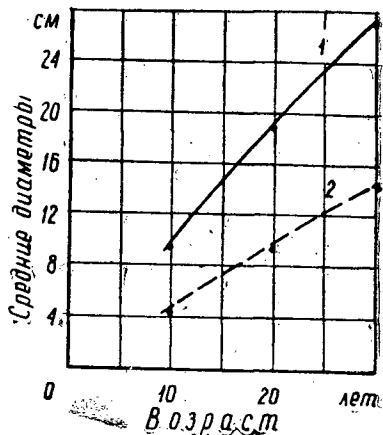


Рис. 4. Ход роста по диаметру в насаждениях белой акации 1 и черной ольхи 2 семенного происхождения.

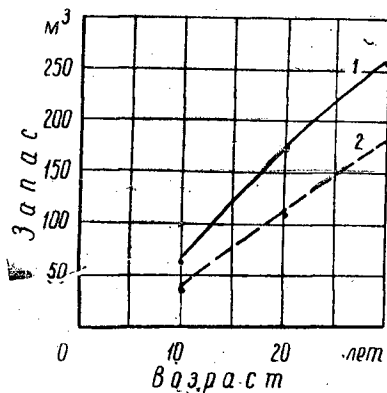


Рис. 5. Ход роста запасов в насаждениях белой акации 1 и черной ольхи 2 семенного происхождения.

Располагая данными о приросте по запасу, можно установить возраст количественной спелости белоакациевых насаждений. Оказывается, что кульминация среднего прироста в порослевых насаждениях наступает в 22-летнем возрасте, а в семенных насаждениях в 27-летнем. Не предприняв пока вопроса о возрасте рубки лучших белоакациевых насаждений, можно однако сказать, основываясь на полученных данных, что держать их на корне старше 25—30-летнего возраста вряд ли целесообразно, тем более, что в указанном возрасте в них уже начинает появляться сухoverшинность.

В заключение уместно произвести сравнение роста лучших белоакациевых насаждений с черноольховыми, тем более, что черная ольха, как и белая акация, является быстрорастущей древесной породой.

Из приведенных графиков (рис. 3, 4, 5) видно, что семенные насаждения белой акации растут более энергично по сравнению с черноольховыми, чего однако нельзя сказать о порослевых насаждениях. Лучшие

послевые насаждения сравнимых пород, в чем можно убедиться, растут примерно одинаково.

Настоящим исследованием, имеющим предварительный характер, изучены особенности роста лучших насаждений белой акации в южных районах УССР. Чтобы составить полные таблицы хода роста белоакациевых насаждений, необходимо продолжить работу и собрать материал, характеризующий природные условия, в которых может расти данная порода, дающая большой лесоводственный и экономический эффект.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. И. Гаврилов. Насаждения белой акации и закономерности их строения. Записки Харьковского сельскохозяйственного института, т. X, 1955. [2]. М. М. Дрюченко. Лесорастительные условия Нижнеднепровских песков и перспективы лесоразведения на них. Записки Харьковского сельскохозяйственного института, вып. I и 2, изд. 10-е, 1959. [3]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Сборник научных работ, вып. VII, изд. Института леса АН СССР, 1956. [4]. Л. Н. Опрятная. Быстрорастущие и хозяйственно-ценные древесные и кустарниковые породы для лесоразведения в Молдавии. Труды Молдавской лесной опытной станции, вып. 1, 1958. [5]. А. Н. Путилов. Разведение белой акации. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1938. [6]. М. Е. Ткаченко. Общее лесоводство. 1952.

---

Поступила в редакцию  
15 апреля 1959 г.

## НОВОЕ В МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА КОРЫ ДРЕВЕСНЫХ СТВОЛОВ

**В. К. ЗАХАРОВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Определение количества древесной коры представляет интерес в двух отношениях: во-первых, объем деловых сортиментов учитывается без коры, которая в этом случае является отходом производства; поэтому важно знать соотношение между запасом леса на корню и в заготовленном виде. Во-вторых, кора многих древесных пород имеет промышленное значение как самостоятельный вид лесной продукции (сырье для получения дубителей, для сухой перегонки, для изготовления тары и пр.).

Древесная кора учитывается в объемных единицах ( $m^3$ ), по весу (кг, т) и по площади ( $m^2$ ).

Количество коры зависит от породы, возраста, толщины дерева, его формы и условий местопроизрастания, влияющих на диаметр ствола в данном возрасте. Объем коры принято выражать в процентах от объема ствола (с корой).

В таблице объема и сбega древесных стволов для каждого диаметра указывается толщина коры на разных высотах (обычно по двухметровым секциям) и дается средний процент коры от объема всего ствола.

Однако закономерности распределения коры по длине ствола почти не изучены. Имеются лишь отдельные эмпирические формулы связи процента коры с диаметром ствола на высоте груди.

Если брать абсолютные высоты (по одно- или двухметровым секциям), то не представляется возможным установить закономерную связь толщины коры с высотой сечения. Такую связь нам удалось установить, применив новую методику исследования формы

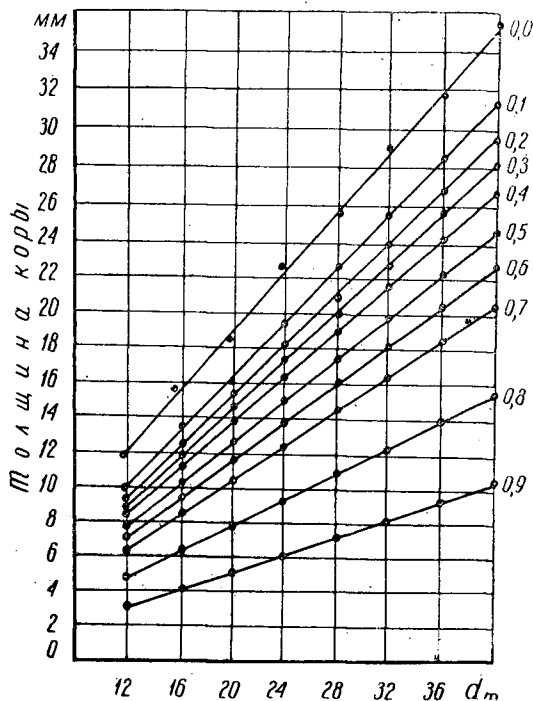


Рис. 1. Толщина коры ясеня по диаметрам и относительным высотам.

Таблица 1

Секции	Дуб	Ясень	Осина	Ольха
0	$\frac{118,5}{169,4}$	$\frac{115,0}{162,3}$	$\frac{135,7}{147,9}$	$\frac{135,5}{169,9}$
I	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$
II	$\frac{92,4}{92,2}$	$\frac{94,8}{91,3}$	$\frac{91,2}{93,6}$	$\frac{91,6}{92,5}$
III	$\frac{87,3}{83,6}$	$\frac{89,5}{83,5}$	$\frac{87,2}{87,4}$	$\frac{88,2}{85,5}$
IV	$\frac{81,1}{76,2}$	$\frac{84,1}{77,1}$	$\frac{82,6}{81,8}$	$\frac{83,9}{79,7}$
V	$\frac{80,8}{67,2}$	$\frac{79,0}{69,8}$	$\frac{81,7}{75,4}$	$\frac{81,4}{72,6}$
VI	$\frac{76,0}{55,6}$	$\frac{73,8}{60,0}$	$\frac{76,9}{66,5}$	$\frac{77,1}{63,2}$
VII	$\frac{65,5}{40,9}$	$\frac{63,2}{46,4}$	$\frac{69,4}{54,3}$	$\frac{69,8}{51,6}$
VIII	$\frac{49,9}{26,3}$	$\frac{50,1}{30,0}$	$\frac{55,7}{36,5}$	$\frac{56,2}{34,7}$
IX	$\frac{36,8}{12,0}$	$\frac{31,6}{12,8}$	$\frac{42,7}{21,0}$	$\frac{42,2}{17,0}$

Примечание: В числителе показаны относительная толщина коры по секциям, в знаменателе — относительный сбеж ствола с корой.

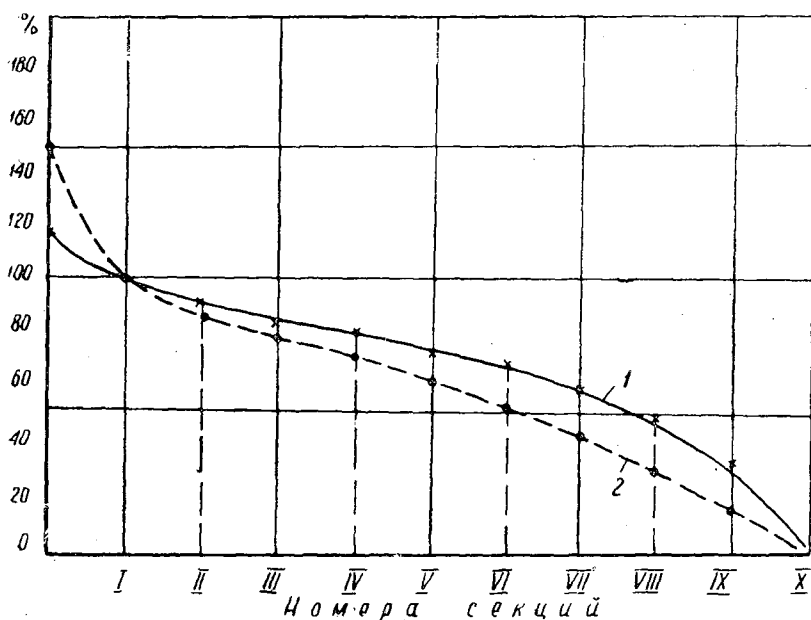


Рис. 2. Относительная толщина коры ясеня по секциям (1) и относительный сбеж ствола с корой (2).

древесных стволов по относительным высотам [1]. Полученные закономерности выражены графически и в виде эмпирических формул.

При исследовании однородных древостоев установлена линейная зависимость толщины коры от диаметра на высоте 1,3 м. Это справедливо для всех относительных высот (рис. 1).

Из рис. 1 также видно, что толщина коры при любом диаметре дерева уменьшается от основания к вершине.

Если толщину коры на 0,1 высоты ствола принять за 100 и выразить толщину коры на других высотах в относительных величинах (процентах), то полученные нами закономерности примут наиболее наглядный вид (табл. 1, рис. 2).

Анализ таблицы показывает, что кривая относительной толщины коры в основном повторяет характер образующей древесного ствола, что наглядно демонстрирует рис. 2.

\* \* \*

Для производственных целей необходимо располагать данными как общего объема коры ствола, так и отдельных его частей (секций, отрезков и пр.) в абсолютных единицах и в процентах.

Эти данные можно получить, исходя из диаметров в коре и без коры, по секциям и выражая толщину коры в процентах от диаметра секции с корою.

Полученные нами проценты толщины коры после графического выравнивания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Секции	Дуб	Ясень	Осина	Ольха
I	8,7	7,7	6,2	6,2
II	8,8	7,9	6,5	6,3
III	9,1	8,0	6,7	6,4
IV	9,7	8,4	6,9	6,5
V	10,4	8,8	7,5	7,0
VI	11,9	9,8	8,2	7,4
VII	13,9	10,7	9,5	8,4
VIII	16,5	12,7	11,0	10,0
IX	27,0	16,5	15,0	13,0

Из табл. 2 видно, что проценты коры по секциям увеличиваются от основания ствола к вершине; графически это выражается вогнутой кривой вида гиперболы (рис. 3).

Это объясняется тем, что абсолютная толщина коры изменяется по высоте в меньшей степени, чем диаметр ствола.

Располагая данными о процентах коры по диаметрам, легко установить для каждой секции процент коры по объему ( $P_k$ ). С этой целью, как это установлено в теории лесной таксации, следует лишь удвоить полученные проценты коры по диаметру ( $P_{kd}$ ) то есть

$$P_k = 2P_{kd} \quad (1)$$

В нашей работе [1] приведены объемы секций в процентах от общего объема стволов (в коре).

Используя проценты объема коры по секциям (табл. 2), можно вычислить объем секции без коры ( $V_{бк}$ ) в процентах от общего объема ствола.



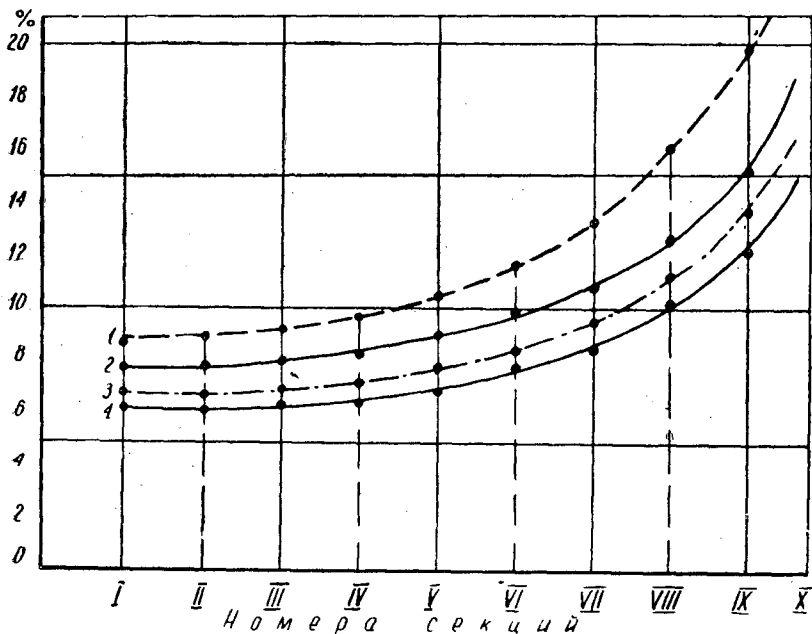


Рис. 3. Толщина коры в процентах от диаметров секций (в коре).  
1 — дуб; 2 — ясень; 3 — осина; 4 — ольха.

С этой целью нужно объем секции в коре ( $V_{вк}$ ), выраженный в процентах от общего объема ствола, умножить на  $(100 - P_k)$ ;

$$V_{бк} = V_{вк} (100 - P_k).$$

Результаты таких вычислений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Секция	Дуб			Ясень			Осина			Ольха			Средний для всех пород
	$V_{вк}$	$V_{бк}$	$\Sigma V_{бк}$	$V_{вк}$	$V_{бк}$	$\Sigma V_{бк}$	$V_{вк}$	$V_{бк}$	$\Sigma V_{бк}$	$V_{вк}$	$V_{бк}$	$\Sigma V_{бк}$	
I	24,9	20,5	20,5	25,1	21,2	21,2	20,7	18,1	18,1	25,0	21,9	21,9	20,4
II	19,1	15,7	36,2	18,2	15,3	36,5	17,6	15,3	33,4	17,4	15,2	37,1	35,8
III	16,1	13,2	49,4	15,1	12,7	49,2	15,3	13,2	46,6	14,8	12,9	50,0	48,8
IV	13,3	10,7	60,1	12,7	10,5	59,7	13,2	11,4	58,0	12,4	11,2	61,2	59,8
V	10,7	8,5	68,6	10,6	8,7	18,4	11,5	9,8	67,8	10,5	9,0	70,2	68,7
VI	7,8	5,9	74,5	8,4	6,8	75,2	9,4	7,8	75,6	8,5	7,2	77,4	75,7
VII	4,9	3,5	78,0	5,6	4,4	79,6	6,7	5,4	81,0	6,0	5,0	82,4	80,2
VIII	2,5	1,5	79,5	3,1	2,3	81,9	3,8	3,0	84,0	3,5	2,8	85,2	82,6
IX	0,8	0,4	79,9	1,0	0,7	82,6	1,6	1,1	85,1	2,2	0,1	85,3	83,2
X	0,1			0,2			0,3			0,2			

В заключение следует рассмотреть связь процента коры с диаметром на высоте 1,3 м, как наиболее широко используемым в теории и практике лесной таксации.

Выявленный выше линейный характер изменения толщины коры в зависимости от  $d_{1,3}$  позволил выразить процент коры  $P_k$  следующими линейными уравнениями:

$$\text{для дуба } P_k = 22,6 - 0,12 d_{1,3} \quad (2)$$

$$\text{для ясеня } P_k = 19,4 - 0,14 d_{1,3} \quad (3)$$

Исходный материал был получен путем исследования толщины и процента коры 150 деревьев каждой породы.

При составлении таблиц объемов стволов дуба проф. Б. А. Шустовым [4] для получения процентов коры, дифференцированных по бонитетам и диаметрам на высоте груди, использовано свыше 4500 моделей.

Анализ влияния бонитетов насаждений на процент коры при одинаковых  $d_{1,3}$  показал незначительные отклонения от величин, полученных по формуле (2). Нужно полагать, что это связано с несовершенством методики.

Результаты сопоставлений средних процентов коры дуба по ступеням  $d_{1,3}$  по материалам Б. А. Шустова с нашими данными приведены в табл. 4. Расхождение в среднем составляет 4,6%.

Таблица 4

Ступени толщины	Средние проценты коры		Расхождение в %
	по Шустову	по уравне- нию (2)	
12	21,5	21,2	1,4
16	22,3	20,7	7,7
20	22,4	20,2	10,6
24	20,3	19,7	3,1
28	18,7	19,2	2,6
32	18,0	18,9	4,7
36	17,5	18,3	4,3
40	17,1	17,8	3,8
44	16,5	17,3	4,5
48	16,2	16,8	3,5

Процент коры  $P_k$  у стволов ели был исследован нами по материалам 786 моделей, взятых лесоустроителями в различных районах Европейской части СССР, в насаждениях от Ia до V бонитета [2].

Зависимость процента коры от бонитета, отражающего средний диаметр древостоя, оказалась линейной и выражается уравнением

$$P_k = 1,37x + 6,50,$$

где  $x$  — условная величина, на единицу большая номера бонитета (для Ia бонитетах  $x = 1$ ).

Вычисленные по уравнению средние  $P_k$  оказались следующими:

Бонитет	Ia	I	II	III	IV	V	в среднем
Процент коры $P_k$	7,8	9,2	10,6	12,0	13,4	15,2	10,6

Наши исследования показали, что для ели верно равенство (1).

Эта зависимость может быть использована и для других древесных пород, имеющих относительно равномерную толщину коры на протяжении ствола, с установлением соответствующего коэффициента при  $P_{kd}$ .

Уточняя и упрощая технику определения объема коры, изложенная методика имеет теоретическое и производственное значение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Захаров. Исследование формы древесных стволов. «Научные доклады высшей школы», серия «Лесинженерное дело» № 1, 1958. [2]. В. К. Захаров. Объем коры у стволов ели. Журн. «Лесопромышленное дело» № 3, 1931. [3]. А. В. Тюрин. Таксация леса. Учебник, 2-е изд., 1945. [4]. Б. А. Шустов. Таблицы объема и сбега стволов дуба по бонитетам. Изд. ВСНХ. Союзлеспрома, 1931.

Поступила в редакцию  
19 января 1959 г.

## ЗНАЧЕНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ ПРИ КУЛЬТУРАХ КРЫМСКОЙ СОСНЫ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

ШИ ЦЗЯ-ШЕНЬ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

В результате неправильного ведения лесного хозяйства в дореволюционный период в горном Крыму почти половина лесной площади покрыта малощенными низкоствольными насаждениями, которые перестали играть водоохранную и почвозащитную роль. Поэтому на склонах возникают эрозионные процессы, особенно выраженные в нижней зоне восточной прибрежной части главной гряды Крымских гор.

Лучшей мерой борьбы с эрозией является облесение склонов и реконструкция малощенных насаждений.

Первые опыты по облесению горных склонов были проведены в 1876 г. в большом масштабе в Феодосийских горах. В советский период эти работы с каждым годом расширяются. Однако значительная часть лесных культур погибла. Основной причиной этого является низкая агротехника.

Вопросам изыскания наиболее целесообразного способа подготовки почвы под лесные культуры и реконструкции малощенных насаждений в горном Крыму в последние годы уделяется большое внимание. Крымская горно-лесная опытная станция (КГЛОС) с 1952 г. проводит соответствующие опыты и уже получила первоначальные положительные результаты.

Рядом авторов [2], [3], [5] было показано, что механизированная подготовка почвы экономически выгоднее и обеспечивает хорошее состояние культур. Исходя из приведенных ими опытов, сотрудники КГЛОС рекомендовали конкретные способы подготовки почвы для склонов различной крутизны [1], [4], [6]. На пологих склонах (до 8°) применяется сплошная вспашка с предварительной обработкой почвы рыхлителями Р-80 и Д-162 на глубину 50—70 см.

При крутизне склонов от 8 до 12° почва обрабатывается полосами шириной 4—10 м при помощи тех же рыхлителей.

На склонах с крутизной свыше 13° производится террасирование склонов бульдозером Д-259. Образующиеся скамьевидные террасы шириной 3,5—4 м обрабатывают рыхлителями.

Для сравнения эффективности разных способов подготовки почвы нами изучался водный режим, а также рост культур и их корневой си-

стемы на опытном участке КГЛОС и на территории Алуштинского лесхоза.

В вегетационный период 1958 г. проводилось исследование динамики влажности почвы под лесными культурами. Пробы почвы брались на трех участках на глубине до 50 см при трех повторностях два раза в месяц.

Первый участок — посадки сосны 1955 г. по сплошной подготовке почвы на верхней части склона западной экспозиции крутизной 14°.

Второй участок — культуры 1955 г. на террасах средней части склона юго-западной экспозиции крутизной 16°.

Третий участок — посадки 1953 г. в площадки размером 1,5 × 2 м на нижней части склона юго-западной экспозиции крутизной 14°.

Результаты исследований динамики влажности почвы при разных способах ее подготовки показаны в табл. 1 и на рис. 1.

Из табл. 1 видно, что сплошная подготовка почвы имеет особое значение для накопления влаги в почве; террасирование тоже играет положительную роль. Обработка почвы площадками оказывается наименее пригодной.

Произведенные нами измерения влажности у откоса, на насыпной части и на середине террасы дали различные результаты, поэтому средняя влажность почвы террасы не совсем показательна. Влажность почвы на насыпной части нередко бывает меньше, чем на середине террасы, особенно в засушливый летний период.

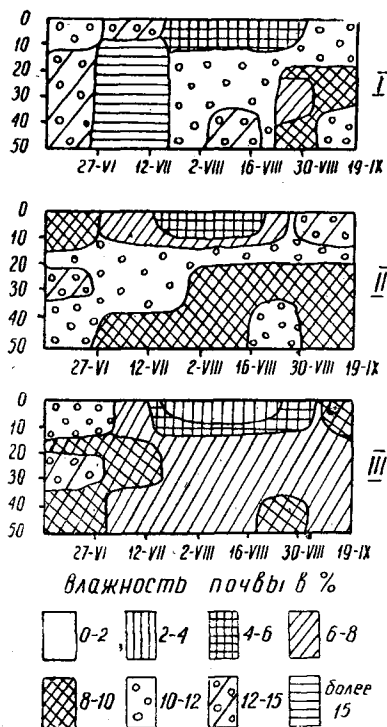


Рис. 1. Динамика влажности почвы при разных способах ее подготовки под лесные культуры.

I — сплошная подготовка почвы; II — терраса; III — подготовка почвы площадками.

Таблица 1

Способы подготовки	Влажность в % к абс. сухой навеске					
	27/VI	12/VII	2/VIII	16/VIII	30/VIII	19, IX
Сплошная обработка . . .	12,54	14,57	9,10	9,12	6,98	10,61
Террасирование . . . . .	11,65	9,41	8,49	8,32	8,75	10,89
Устройство площадок . . .	10,87	7,59	6,03	6,27	6,69	7,46

Наибольшая влажность наблюдается в нижнем слое обработанной почвы средней части террасы (рис. 2).

Сопоставляя полученные нами данные с результатами исследований КГЛОС в прошлые годы, мы пришли к одинаковым выводам. Пониженные влажность на насыпной части террасы объясняется, с одной стороны, большой испаряющей поверхностью, а с другой стороны тем, что почва иссушается травами, сильно разрастающимися при недостаточном уходе за ней. Поэтому при одинаковых прочих условиях культуры на сплошь обработанной почве растут лучше, чем на площадках. Для сравнительного изучения роста и состояния культур 1954 г. нами в 1958 г. были заложены две пробных площадки.

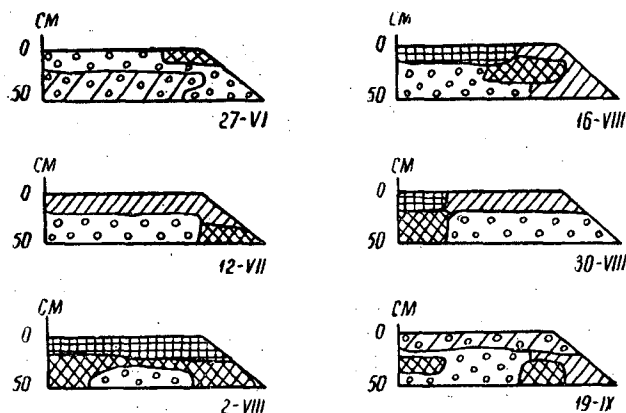


Рис. 2. Динамика влажности почвы террасы. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Первая из них находится на опытном участке КГЛОС. Культуры рядовые с размещением  $0,5-0,6 \times 1,5$  м, обработка почвы сплошная. Вторая пробная площадь находится на территории Солнечногорского лесничества Алуштинского лесхоза. Культуры посажены на площадках размерами  $2 \times 2$  м, обработанных на глубину 35 см, по 25 шт. семян сосны в каждую.

Почва на этих двух участках одинаковая — коричневая на глинистых сланцах. Склоны имеют крутизну от 0 до 6°. Результаты наблюдений отражены в табл. 2.

Таблица 2

Способы обработки почвы	Приживаемость, %	Диаметр		Высота	
		средний	максимальный	средняя	максимальная
Сплошная	90,7	2,50	4,3	84,7	153
Площадки	27,1	1,44	2,1	39,7	74

Из табл. 2 видно, что при сплошной обработке по сравнению с площадками приживаемость культур больше в четыре раза, средний диаметр ствола на высоте 10 см от поверхности земли и средняя высота — более, чем в два раза. Точно так же при сплошной обработке прирост культур в высоту значительно больше (рис. 3).

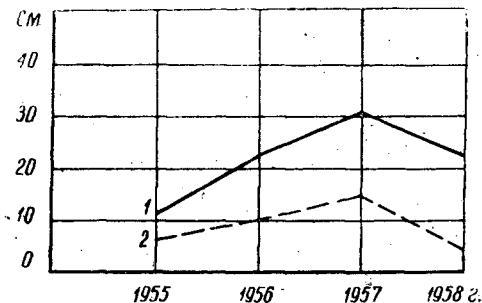


Рис. 3. Приросты по годам культур сосны крымской посадки 1954 г. при разных способах подготовки почвы.

1 — сплошная; 2 — площадки.

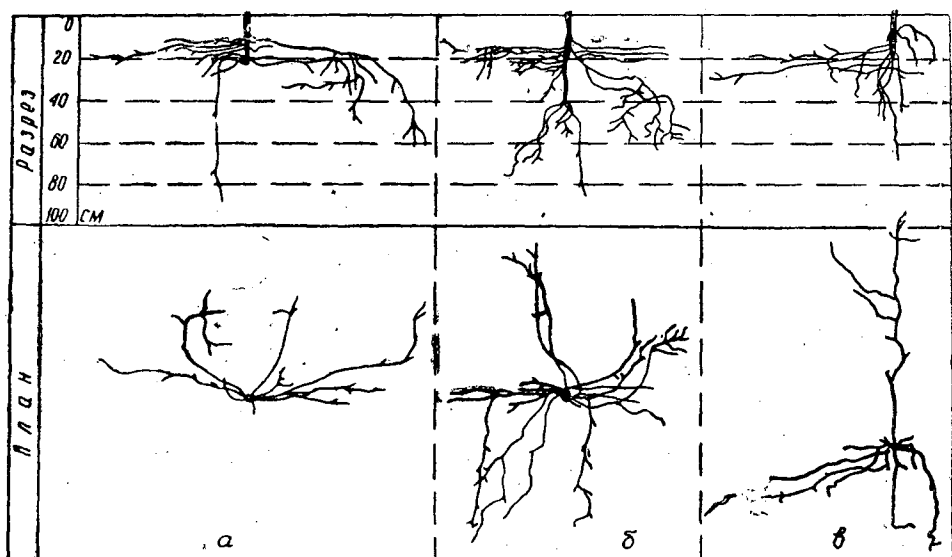


Рис. 4. Корневые системы культуры сосны крымской: *а* — 1954 г. на площадках; *б* — 1955 г. на сплошь обработанной почве; *в* — 1955 г. на террасе.

Культуры сосны крымской на площади со сплошной обработкой почвы в результате глубокого рыхления имеют более мощные скелетные корни, идущие вглубь. От главного корня во все стороны отходят горизонтальные, распространенные главным образом в верхнем слое почвы (рис. 4, *б*).

Микориза у корней культур сосны крымской на площади, где почва обработана сплошь, более развита, чем на площадках.

При обработке почвы площадками горизонтальные корни сосны более развиты, чем вертикальные, и, в основном, распространяются в слое почвы на глубине 30—40 см (рис. 4, *а*).

Развитие вертикальных корней у культур на площадках в значительной мере зависит от сложения нижнего слоя почвы или, точнее, материнской горной породы. При раскопке нам удалось установить, что при рыхлом нижнем слое вертикальные корни более развиты; если же нижний слой оказывается плотным, то могут встретиться два случая. При наличии трещин в глинистых сланцах (это общее свойство последних) корни идут по щели вертикально вниз, а при отсутствии трещин корни развиваются только в верхнем, относительно сухом (особенно в летний период) слое; в результате при иссушении верхнего горизонта культуры теряют возможность продолжать свою жизнь.

Микориза у культур на площадках развита слабо.

Близкая картина наблюдается на террасах. Здесь вертикальные корни культур и микориза более развиты, чем на площадках, из-за глубокого рыхления нижнего слоя почвы (рис. 4, *в*).

На основании вышеизложенных материалов для засушливых условий нижней зоны южного берега горного Крыма можно рекомендовать шире применять сплошную глубокую обработку почвы при лесоразведении или реконструкции малоценных насаждений. Ее следует применять не только на пологих склонах, как рекомендует КГЛОС, но и на склонах крутизной 8—15°, проводя в этом случае обработку почвы полосами шириною до 20 м на глубину не менее 50—60 см. Особенно это будет пригодно на склонах теневых экспозиций, характеризующихся более мощ-

ной почвой и большим развитием растительности, что при полосной обработке почвы сможет предупреждать развитие эрозионных процессов.

На более крутых склонах (свыше 15°) целесообразно производить террасирование при помощи бульдозера Д-259 (как делает КГЛОС) и высаживать по два ряда культур в средней части террасы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Е. Балтер. Террасирование горных склонов. «Лесное хозяйство» № 8, 1958. [2]. В. В. Огневский. Вопросы реконструкции горных лесов Крыма. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 2, 1959. [3]. В. В. Огневский. Способы реконструкции горных насаждений Крыма. Бюллетень научно-технической информации Укр.НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации № 3—4, 1957. [4]. Б. А. Павлов. Повышение продуктивности горных территорий Крыма. Крымиздат, 1956. [5]. И. И. Ханбеков. Лесоразведение в горных районах. Сб. работ по лесному хозяйству, вып. 35, Гослесбумиздат, 1958. [6]. И. И. Ханбеков, Б. А. Павлов, А. Н. Олиферов. Лесоводственные и лесокультурные мероприятия для горных территорий Крыма. Сб. работ по лесному хозяйству, вып. 33, Гослесбумиздат, 1956.

Поступила в редакцию  
7 июля 1959 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС \*

**И. В. ТРЕЩЕВСКИЙ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский лесотехнический институт)

Положительное влияние лесных полос на урожай сельскохозяйственных культур было выявлено еще в XIX в., на что мы находим указания у В. Ломиковского, И. Шатилова, А. Бычихина, К. Собеневского, Г. Высоцкого и др. В настоящее время это подтверждено многолетними и многочисленными опытными и производственными данными, полученными в различных почвенно-климатических районах.

Положительное влияние леса обычно выражается в прибавке урожая с 1 га или в прибавке урожая в расчете на 1 га лесных полос, что не дает возможности судить об их экономической эффективности. Иногда прибавка отождествляется с понятием экономической эффективности. В связи с этим мы составили ряд формул, по которым можно полнее и точнее определить эффективность лесных полос.

При расчете экономической эффективности необходимо учитывать потери и затраты, с одной стороны, и доходы (выгоды) — с другой.

Суммарные потери и затраты  $P$ , связанные с выращиванием одного гектара лесных полос, складываются из следующих элементов: потерь сельскохозяйственной продукции от площади, занятой 1 га полос  $p_1$  и затрат на их выращивание  $p_2$ .

Потери продукции определяются по формуле

$$p_1 = (M \cdot z - E)k,$$

где  $M$  — средний за 5—10 лет урожай с 1 га открытой степи, в ц;

$z$  — закупочная цена 1 ц урожая в руб.;

$E$  — фактические затраты на производство и уборку 1 га данной сельскохозяйственной культуры в руб.;

$k$  — продолжительность периода малоэффективного влияния лесных полос в годах.

Величину  $E$  можно вычислить как среднюю за последние 2—3 года, с учетом наиболее передовой техники и прогрессивной технологии, применяемых в конкретном хозяйстве.

Коэффициент  $k$  в зависимости от лесорастительных условий и состава пород в лесной полосе может быть принят равным от 5 до 10 лет.

\* При написании статьи была оказана весьма полезная консультативная помощь доц. И. В. Ворониным.



Суммарные потери и затраты за период малоэффективного влияния от 1 га лесных полос будут равны

$$P = p_1 + p_2.$$

Суммарные потери и затраты в руб. на 100 га пашни можно выразить формулой

$$P_{100} = PS_{\text{лес}} = [(M \cdot z - E)k + p_2] S_{\text{лес}},$$

где  $S_{\text{лес}}$  — площадь лесных полос, приходящаяся на 100 га пашни.

Когда начнется эффективное влияние полос на урожай, то есть с 6—11 года, хозяйство начнет получать доходы  $D$ , которые в основном будут складываться из доходов от прибавки урожая за счет положительного влияния лесных полос  $d_1$  и доходов от лесопroduкции, получаемой при рубках ухода и главных рубках  $d_2$ .

Ежегодные доходы от прибавки урожая выражаются формулой

$$d_1 = mS_{\text{эф}} \cdot (z - x),$$

где  $m$  — средняя прибавка урожая в ц;

$S_{\text{эф}}$  — площадь пашни, в пределах которой проявляется эффективное влияние 1 га лесных полос, га;

$x$  — затраты на уборку и транспортировку 1 ц дополнительного урожая в руб.

Если при этом учесть потери урожая от площади, занятой лесной полосой, равные среднему урожаю в открытой степи за 5—10 лет, то чистый ежегодный доход от прибавки урожая будет равен:

$$d_1 = mS_{\text{эф}}(z - x) - \frac{p_1}{k}.$$

В том случае, когда площадь пашни, подверженная эффективному влиянию, больше площади, приходящейся на 1 га леса  $S_{\text{паш}}$ , в этой формуле вместо  $S_{\text{эф}}$  принимается  $S_{\text{паш}}$  (при расчете для массивных насаждений).

Доходы от лесопroduкции следует учитывать за длительный период — до возраста главной рубки лесных полос, которую нужно проводить для того, чтобы обеспечить естественное возобновление. Эти доходы за весь период жизни полос до главной рубки определяются путем закладки пробных площадей во взрослых насаждениях, а также в насаждениях соответствующего возраста на различные виды рубок ухода. При этом насаждения должны подбираться в соответствующих данному объекту условиях и иметь типичные для этих условий состав, ширину и размещение.

Ежегодный средний доход от лесопroduкции с 1 га в руб. можно выразить формулой

$$d_2 = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2 + V_3 t_3}{A},$$

где  $t$  и  $V$  — соответственно, корневая таксовая цена и объем хвороста, дровяной и деловой древесины, полученный за весь период пользования;

$A$  — возраст главной рубки.

Общая ежегодная сумма дохода от 1 га леса составит:

$$D = d_1 + d_2.$$

Ежегодные суммарные доходы в руб. на 100 га пашни будут равны:

$$D_{100} = D \cdot S_{\text{лес}} = \left\{ \left[ m \cdot S_{\text{эф}}(z - x) - \frac{p_1}{k} \right] + \left[ \frac{V_1 \cdot t_1 + V_2 t_2 + V_3 t_3}{A} \right] \right\} S_{\text{лес}}.$$

Суммарные потери и ежегодные суммарные доходы, а также их составные части, выраженные в сельскохозяйственной продукции, можно определить путем соответственного деления этих величин на закупочную цену 1 ц. продуктов.

По приведенным формулам производится расчет потерь и доходов для каждой культуры севооборота отдельно. При этом для полей, занятых паром, потери на 100 га пашни будут складываться из затрат на выращивание лесных полос с учетом экономии за счет подъема паров и ухода за ними  $P_{100} = (p_2 - E) S_{лес}$ , а доходы поступят только от лесопродукции  $D_{100} = d_2 S_{лес}$ . Далее определяются общие потери и доходы для каждой культуры севооборота и паровых полей с учетом доли занимаемой ими площади. Сумма полученных величин даст средние потери и доходы на 100 га пашни, или

$$P_{100}^{ср} = P'_{100} \frac{S_1}{S} + P''_{100} \frac{S_2}{S} + \dots + P^n_{100} \frac{S_n}{S};$$

$$D_{100}^{ср} = D'_{100} \frac{S_1}{S} + D''_{100} \frac{S_2}{S} + \dots + D^n_{100} \frac{S_n}{S};$$

где  $S_1, S_2$  и т. д. — площади, занятые отдельными культурами;  
 $S$  — общая площадь пашни.

Данные формулы позволяют произвести расчет для любой культуры, для любого севооборота, при любом соотношении леса и пашни, при полной системе защитных насаждений и при наличии в хозяйстве единичных полос различного состава и возраста.

Однако нужно иметь в виду, что в различные периоды развития каждого колхоза или совхоза могут изменяться закупочные цены, затраты на производство сельскохозяйственных культур и лесных полос, а также другие показатели. Поэтому при наличии резких изменений в отдельных показателях более целесообразно все расчеты по предлагаемым формулам производить за отдельные периоды, соответствующие этим изменениям и постепенно нарастающей площади полезитных полос в конкретном хозяйстве. Общая эффективность лесных полос за весь период их жизни определится как сумма показателей эффективности за отдельные периоды.

**Пример.** В колхозе им. Жданова Калачеевского района, Воронежской области, под руководством колхозного лесовода И. С. Поплавского работы по созданию полезитных лесных полос в основном были закончены еще в 1953 г. В настоящее время в этом колхозе площадь действующих полезитных полос составляет 38,9 га, ширина полос 18—20 м, а средняя высота 7—8 м.

Площадь пашни  $S$  в колхозе составляет 1810 га, то есть на 1 га лесных полос приходится 46,4 га пашни  $S_{паш}$ , а на 100 га пашни приходится 2,2 га леса  $S_{лес}$ .

С учетом размещения, ширины и высоты полос площадь, в пределах которой проявляется эффективное влияние полос, составляет около 15 га на 1 га лесной полосы  $S_{эф}$ . Период малоэффективного влияния  $t$  — 5 лет. Урожай озимой пшеницы  $M$  — 17,8 ц с 1 га. Средняя прибавка урожая от лесных полос в зоне их влияния в 1954—1955 гг. составила 38% или 6,7 ц с 1 га т.

Закупочная цена одного центнера зерна  $z$  — 75 руб. Затраты на производство и уборку 1 га пшеницы  $E$  составляют 430 руб. Затраты, связанные с уборкой и транспортировкой 1 ц дополнительного урожая  $x$  — 6 руб. Затраты  $p_2$  на выращивание 1 га лесных полос в колхозе составляют 1300 руб. Если принять возраст главной рубки лесных полос  $A$  = 45 лет, то за этот период в результате рубок ухода и главной рубки от 1 га полей в колхозе можно получить следующее количество лесопродукции: хвороста  $V_1$  — 30 м<sup>3</sup>, дров  $V_2$  — 85 м<sup>3</sup>, деловой  $V_3$  — 80 м<sup>3</sup>.

Корневые таксовые цены с учетом условий и состава лесных полос принимаем:

$$t_1 = 5 \text{ руб.}; t_2 = 7 \text{ руб.} \text{ и } t_3 = 23 \text{ руб.}$$

Из приведенных данных определяем  $P_{100} = 12815$  руб.,  $D_{100} = 13391$  руб.

Кроме озимой пшеницы, в числе основных культур высевались зерновые (рожь, ячмень, овес) и подсолнечник, которые дают аналогичную эффективность.

Сравнивая величины  $P_{100}$  и  $D_{100}$ , можно видеть, что потери и затраты, связанные с выращиванием лесных полос в колхозе им. Жданова, полностью окупались в течение первого года их эффективного влияния на урожай.

Для того, чтобы обеспечить полную защиту пахотных угодий, в колхозе дополнительно необходимо создать около 20 га лесных полос. При этом отдельные величины изменятся и будут равны:  $S = 1790$  га;  $S_{\text{паш}} = 30,4$  га;  $S_{\text{лес}} = 3,2$  га;  $S_{\text{эф}} = 20$  га (при изменении средней высоты полос на 2—3 м).

С учетом особенностей хозяйства для колхоза им. Жданова может быть рекомендован полевой севооборот со следующей ротацией: пар ранний — озимая пшеница — озимая рожь — сахарная свекла — вико-овес (сено) — озимая рожь — пар черный — озимая пшеница — сахарная свекла — кукуруза на зерно.

Расчет эффективности для отдельных культур приводится в табл. 1, из которой видно, что для всех культур общие потери и затраты окупаются в течение 1—2 лет.

Таблица 1

Культуры севооборота	Площадь в га	Исходные данные					Потери за 5 лет в руб.		Ежегодные доходы в руб.	
		М в ц с 1 га	т в ц с 1 га	Z в руб. за 1 ц	x в руб. на 1 ц	E в руб. на 1 га	P	$P_{100}$	D	$D_{100}$
		Озимая пшеница	358	17,8	6,7	75	6,0	430	5825	18640
Озимая рожь	358	13,4	3,0	72	6,0	424	4004	12813	3477	11125
Сахарная свекла	358	150,0	50,0	24	3,0	1803	10285	32912	19260	61633
Вико-овес (сено)	179	35,0	15,0	30	5,0	576	3670	11744	7083	22667
Кукуруза на зерно	179	26,0	5,0	75	20,0	810	7000	22400	4417	14136
Пар черный	179					138	1162	3718	57	184
Пар ранний	179					103	1197	3830	57	184

Примечания: 1) Затраты, связанные с возделыванием, уборкой и транспортировкой сельскохозяйственных культур, приводятся с учетом комплексной механизации при радиусе перевозки 10—12 км; 2) прибавка урожая для культур, кроме озимой пшеницы, приводится с учетом средних литературных данных, так как в колхозе подобные наблюдения не проводились.

При равновеликих полях севооборота средние потери будут равны  $P_{100}^{\text{ср}} = 17042$  руб.

Анализируя приведенные выше данные и сравнивая их с  $P_{100}^{\text{ср}}$ , можно видеть, что потери и затраты, связанные с выращиванием лесных полос не только существующих, но и вновь проектируемых, уже давно окупались в течение двух первых лет эффективного влияния существующих полос. В течение уже нескольких лет колхоз ежегодно получает от лесных полос чистый доход более 13 тыс. руб. на 100 га пашни (первые лесные полосы были заложены в 1937 г.).

В дальнейшем с увеличением возраста и высоты лесных полос увеличится защитная зона и соответственно увеличатся ежегодные доходы колхоза, которые к началу эффективного влияния вновь создаваемых лесных полос возрастут до 25 тыс. руб. на 100 га пашни, так как

$$D_{100}^{\text{ср}} = 26875 \times 0,2 + 11125 \times 0,2 + 61633 \times 0,2 + \\ + 22667 \times 0,1 + 14136 \times 0,1 + 184 \times 0,1 + \\ + 184 \times 0,1 = 24640 \text{ руб.}$$

Если при этом учесть трудноизмеримые полезности леса как источника плодов, технического сырья и пр., то экономическая эффективность лесополос возрастет еще больше.

Нет сомнения в том, что те колхозы и совхозы, которые в последние годы занимались полезащитным лесоразведением и продолжают насаждать лес на своих полях, сумеют выполнить поставленные XXI съездом КПСС задачи по увеличению производства зерна и других сельскохозяйственных продуктов в предстоящем семилетии досрочно.

## ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ СЛОЖНЫХ КОЛКОВ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТУРГАЙСКОГО ПЛАТО

**В. М. ГЛАЗЫРИН**

Ассистент

(Казахский сельскохозяйственный институт)

Среди обширных Тургайских степей, вдоль правого берега реки Тобола произрастают островные леса Кустанайской области. Располагаясь в виде вытянутой в меридиональном направлении цепочки, в северной ее части они представлены Михайловской, Боровской и Ара-Карагайской дачами, в центральной и южной части лесными островами Аман-Карагай, Казан-Басы, Наурузум-Карагай и Терсек-Карагай.

Эти дачи, исключая Михайловскую и Боровскую, обладают довольно хорошо выраженной общностью строения. В основе их лежит сосновый массив, окруженный системой колков, чередующихся с безлесными степными участками.

Строение колков довольно разнообразно. На суглинистых почвах они сложены преимущественно березой и осиной, на супесях встречается сосна.

Лесные дачи, несомненно, являются природными памятниками былого распространения леса.

Доказательством того, что хозяйственная деятельность человека служила причиной уничтожения лесов, является факт естественного распространения леса там, где к этому нет препятствий.

Излагая свою теорию о едином почвообразовательном процессе, В. Р. Вильямс особо подчеркнул решающую роль человека в формировании лесостепной зоны. Он считал, что здесь «природный почвообразовательный процесс прерван вмешательством человека» [1], а климатическая обстановка в ней относительно благоприятна для произрастания леса.

Поэтому естественно, что лесные островки, сохранившиеся до настоящего времени, оберегаемые человеком, могут в какой то степени восстановить свои прежние границы.

Процесс территориального распространения леса особенно ярко раскрывается при рассмотрении путей формирования и развития сложных сосново-березово-осиновых колков.

При рекогносцировочном обследовании насаждений Ара-Карагайской лесной дачи было установлено, что характерной особенностью устройства колков, особенно на легких почвах, является наличие кустарниковой опушки, за которой следует пояс осинника, постепенно, по мере

углубления внутрь колка, смешивающийся с березой; далее насаждение становится чистым березовым, а затем к нему примешивается сосна.

Центральная часть колков зачастую слагается почти чистой сосной. Подобная закономерность наблюдалась повсеместно в строении не только колков, но и основного соснового массива.

Это явление было определено как процесс наступления леса на степь, проходящий через ряд последовательно сменяющихся растительных группировок. Для его изучения были выбраны колки, имевшие все стадии смены пород. В них по направлению от периферии к центру были заложены почвенные разрезы: в кустарнике, осиннике, березняке и сосняке.

Один почвенный разрез был заложен на степном участке вблизи кустарниковой опушки. Из каждого почвенного горизонта брались образцы; кроме того, изучались корневые системы деревьев и кустарников. По линии заложения разрезов был проведен нивелирный ход.

В результате было установлено, что сложные сосново-березово-осиновые колки произрастают исключительно на легких супесчаных почвах. В отличие от осиновых кустов Воронежской области [2] они никогда не встречаются на тяжелых суглинках, тем более — по бессточным блюдцеобразным углублениям. Поверхность почвы под колками имеет общий, очень незначительный уклон в одну или в две стороны. Если процесс формирования осинового куста [2] начинается с зарастания болотца, то началом образования сложного колка надо признать поселение кустарников.

Особая роль в этом принадлежит степной вишне, способной образовывать сплошные заросли.

Непрерывная почва весной хорошо впитывает воду, которая растворяет и уносит вредные соли в более глубокие почвенные слои. Обладая более мощной и глубоко идущей корневой системой, чем травы, они значительно улучшают почвенный дренаж, чем еще больше увеличивают водопроницаемость почвы. В засушливый период кустарники отеняют занятую ими почву, понижая испарение с ее поверхности. Глубоко расположенная корневая система перехватывает поднимающиеся по капиллярам к поверхности почвы грунтовые воды. Ранее вымытые соли не могут возвратиться обратно и возможность вторичного засоления почвы под кустарниками практически исключается. Почва постепенно выщелачивается, становится все более лесопригодной.

Таким образом, кустарники — это необходимое звено подготовки почвы для поселения на ней осины или березы — этих первых предвестников будущего леса.

Поселение березы и осины в корне преобразует микроклиматическую обстановку на занятой ими площади. Особенно велико в этом случае значение осины. Исследования А. А. Шахова [3] показали, что осина менее солеустойчива, чем береза, однако благодаря своим биологическим особенностям, она имеет ряд существенных преимуществ. Обладая поверхностной корневой системой, осина может расти и на засоленных участках, если верхний 50-сантиметровый горизонт почвы для нее пригоден. Поселившиеся одна или несколько берез могут долгое время оставаться в том же количестве и не создать лесной обстановки. Осина же никогда не остается одиночным деревом. Обладая способностью давать обильные корневые отпрыски, она быстро образует плотное молодое осиновое насаждение, в котором создается лесная обстановка со всеми присущими ей особенностями. В осиновом насаждении больше накапливается снега, а наличие отеняющего полога еще более замедляет его таяние. Увеличившееся содержание корней, и особенно — более крупных повышает влагопроницаемость почвы. Образование осинового насаждения

приводит и к более глубоким почвенным изменениям, выражающимся не только в перераспределении солей, но также в изменении физических свойств почвы, и изменении ее механического состава.

Осина не единственная древесная порода, слагающая колок. Одновременно с ее поселением, после нее или даже до нее, здесь поселяется береза. Вначале участие березы незначительно. По мере изреживания осинника доля ее в составе становится все более заметной, наконец этот процесс завершается полной победой березы, а осина вытесняется к периферии колка. Создается весьма интересное положение. Если роль березы как лесообразователя при первоначальном поселении была незначительной, то теперь, при наличии лесной обстановки, в силу своего долголетия и стимулируемой рубками способности к вегетативному возобновлению, береза становится более сильной породой, чем осина. Таким путем образуется колок с чистым березовым насаждением в центре.

Процесс выщелачивания почвы продолжает развиваться, захватывая все более глубокие горизонты. Этому отчасти способствует береза; имея более развитую в глубину корневую систему, она пронизывает более глубокие почвенные слои, чем осина. В результате непрерывного воздействия лесной растительности происходит не только выщелачивание, но и опесчанивание, вначале поверхностных, а затем и более глубоких почвенных горизонтов. Поэтому, если в определенный период существования колка осина и береза росли на отвечающей их требованиям относительно богатой почве, то спустя некоторый, довольно большой промежуток времени почва настолько изменится, что не сможет соответствовать этим породам.

Среди прошедшего сложный путь развития березово-осиновой насаждения на измененной им почве поселяется новая древесная порода — сосна, постепенно приобретающая первостепенное значение в жиз-

Место заложения почвенного разреза	Глубина вски- пания, см		Глуби- на взятия образ- ца, см	Содержание частиц (%)			
	слабого	бурного		3—1	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01
Участок степи вблизи колка . . . . .	45	60	15	3,45	48,25	23,28	4,87
			45	4,50	24,05	36,80	6,72
			80	3,10	36,42	42,61	3,15
Кустарниковая опушка	58	60	15	3,05	25,80	45,64	3,84
			40	3,67	24,13	35,40	7,09
			80	2,12	35,51	45,50	3,73
Осинник . . . . .	70	71	5	2,62	21,91	55,39	4,91
			15	2,69	25,02	54,72	1,84
			50	0,70	13,94	42,30	4,62
			80	1,77	11,99	24,21	1,98
Березняк . . . . .	78	80	4	2,50	22,91	54,27	9,91
			40	1,95	17,83	65,03	4,94
			65	1,45	14,77	40,69	6,46
Сосняк . . . . .	120	—	10	0,97	26,23	55,76	9,90
			40	0,87	16,01	74,91	3,60
			60	0,57	20,79	42,45	24,55
			80	0,47	19,01	79,48	0,04
			130	0,77	13,07	57,78	6,91

\* Большие потери при обработке произошли вследствие насыщенности

ни колка. Под пологом березы сосновый самосев находит для себя вполне благоприятные условия: выщелоченную и опесчаненную почву, редкий травянистый покров, достаточное количество света, проникающего сквозь кроны берез.

Вокруг выросшего из подростка одиночного дерева постепенно появляется довольно многочисленный самосев, из которого со временем образуются участки молодого высокополнотного соснового леса. Эти участки, в свою очередь, дают жизнь новым поколениям сосняков, которые продолжают свое наступление на приютивших их родоначальников колка. Благодаря способности расти на бедных песчаных почвах и в силу большой долговечности, сосна постепенно вытесняет березу, которой почвенные условия уже не соответствуют в той мере, в какой они соответствуют сосне. Небольшие группы сосны постепенно разрастаются, соединяются между собой, и, наконец, образуется колкок, состоящий из сосны, березы, осины, подлеска и опушки; в последние входят одни и те же кустарники.

Характер изменений механического состава почвы, вызываемый жизнедеятельностью последовательно сменяющихся растительных группировок, представлен в табл. 1.

Все почвенные разрезы были заложены на ограниченном участке, а расстояние между ними составляло 10; 15; 5 и 20 м. Нивелировка колка по линии заложения разрезов (при условии, что отметка разреза, заложённого на степном участке, является нулевой) показала следующие результаты: кустарник + 10 см; осинник — 10 см; березняк — 20 см; сосняк — 30 см.

Такие незначительные уклоны не могли явиться причиной переноса частиц почвы, что еще раз указывает на особую роль лесной растительности в формировании ее механического состава.

Таблица 1

различного диаметра (мм)						Механический состав по Н. А. Качинскому
всего частиц более 0,01	0,01—0,005	0,005— 0,001	< 0,001	всего частиц менее 0,01	потери при обработке	
79,85	5,94	0,75	10,61	17,30	2,85	Легкая супесь
72,26	3,05	3,32	17,66	24,03	3,91	Средняя супесь
85,22	0,27	2,18	7,55	10,00	4,72	Песок
78,33	4,88	4,65	10,28	19,81	2,46	Легкая супесь
70,29	3,92	7,27	14,21	25,40	4,31	Легкий суглинок
86,85	2,97	1,70	5,30	9,97	3,17	Песок
84,30	2,30	9,43	0,62	12,35	2,82	Легкая супесь
84,27	3,16	2,57	3,70	9,43	6,30	Песок
60,56	5,98	5,06	23,62	34,66	4,78	Легкий суглинок
39,95	2,50	2,57	14,45	19,52	40,53*	Легкий суглинок
89,59	1,91	5,19	2,88	9,98	0,44	Песок
89,75	3,60	5,45	0,31	9,36	0,49	Песок
63,37	5,99	6,86	19,85	32,70	3,93	Легкий суглинок
92,86	1,68	0,15	5,02	6,85	0,29	Песок
95,39	1,16	0,44	2,92	4,52	0,09	Песок
87,36	5,62	0,62	4,91	11,15	1,49	Легкая супесь
99,00	0,07	0,20	0,44	0,71	0,29	Песок
78,53	1,50	0,64	18,05	20,19	1,28	Легкий суглинок

почвы карбонатами.

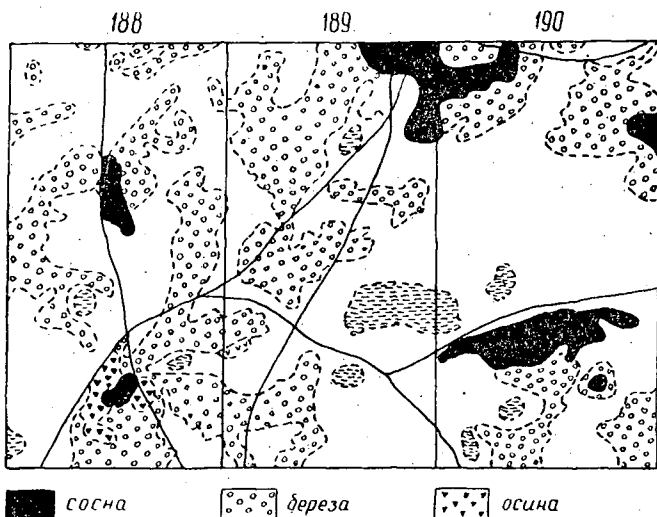


Рис. 1. План лесонасаждений части Ара-Карагайской дачи по материалам лесоустройства 1914 г.

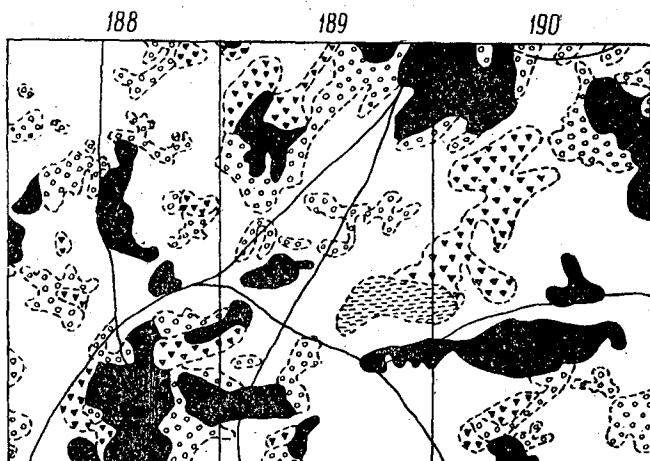


Рис. 2. План лесонасаждений части Ара-Карагайской дачи по материалам лесоустройства 1952 г.

В результате длительного воздействия последовательно сменяющихся лесных группировок легкие супесчаные почвы способны превращаться в обычные боровые пески. Вытесненная в результате смены пород к периферии осина может из пределов колка наступать на почвы межколочных пространств. Этому способствуют не только ее биологические особенности и наличие кустарникового форпоста, но также и ее опушечное положение. Что наступление осины на безлесные пространства имеет место, прекрасно подтверждается фактом распространения ее в ряде случаев за пределы дорог (рис. 1, 2). Дороги эти проходили раньше по границе колка. Теперь же можно наблюдать, как корневые отпрыски осины вышли за дороги, надвигаясь на кустарники. Такие факты не оставляют почти никакого сомнения в действительном увеличении колков за счет ближайших степных пространств.



Однако процесс формирования колка идет не только путем территориального его распространения. И в самом колке, благодаря непрерывно протекающей смене пород и изменению почвенных условий, происходит постепенное вытеснение березы и осины сосной. Очень хороший пример, подтверждающий факт разрастания сосняков за счет вытеснения других пород, дают материалы лесоустройства. Сравнивая лесоустроительные планы 1914 и 1952 гг. можно видеть, что в большинстве случаев, в зоне распространения сложных колков, произошло увеличение площади, занятой сосной. Кроме этого, в некоторых колках, ранее не имевших сосны, появились сосновые насаждения. Для иллюстрации сказанного приводим копии нескольких кварталов из планов лесоустройства 1914 и 1952 гг. (рис. 1, 2). Такое распространение сосняков можно было бы приписать неточности съемки, но следует указать, что при составлении первого плана колки снимались инструментально, а при составлении плана 1952 г. использовались материалы аэрофотосъемки.

Таким образом, мы проследили процесс формирования и распространения колков — процесс очень сложный, проходящий через ряд последовательных смен растительных группировок. Причины этих смен кроются в постепенном накоплении количественных изменений, в постепенном изменении почвы, приводящем к резкому качественному изменению — смене породы.

При описании этого процесса мы умышленно умолчали о том, в какой мере хозяйственная деятельность человека сказывается на его течении. Влияние ее, несомненно, огромно. Она проявляется прежде всего в распашке прилегающих к колку участков, в сенокосении, при котором учитываются подрост и кустарники, в пожарах, возникающих в результате неосторожного обращения с огнем, в пастьбе скота, при которой повреждается подрост и осиновые опушки и пр.

С другой стороны, правильно организовав рубки ухода, осветляя березу в осиновом насаждении, а сосну в березовом, человек может способствовать более быстрому прохождению процесса смены пород. Преследуя свои хозяйственные цели, человек может приостановить этот процесс, вырубая вновь поселившуюся породу. Применяя сплошные рубки осиновых опушек, и стимулируя тем самым образование корневых отпрысков осины, он может способствовать распространению колка за счет степных участков.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Р. Вильямс. Почвоведение. Изд. 6-е, Сельхозгиз, М., 1949. [2]. Т. И. Попов. Происхождение и развитие осиновых кустов в пределах Воронежской губернии. Труды Докучаевского почвенного комитета. П., 1914, вып. 2. [3]. А. А. Шахов. Приспособление к засоленности почвы у растений. Сб. «Растение и среда», т. II, изд. АН СССР, М., 1950.

Поступила в редакцию  
27 июля 1959 г.

## ВЛИЯНИЕ ТРЕЛЕВКИ НА СОХРАННОСТЬ САМОСЕВА И ПОДРОСТА БУКА ПРИ СПЛОШНЫХ РУБКАХ В ЗАКАРПАТЬЕ

Я. А. САБАН

Научный сотрудник

(Карпатская лесная опытная станция УкрНИИЛХ)

Около 80 % общего объема лесозаготовок Украинской ССР приходится на Карпаты; из них значительная доля падает на горные буковые леса Закарпатья. Эти леса имеют весьма большое водоохранное и почвозащитное значение. Наряду с этим они являются сырьевой базой многих предприятий лесной промышленности.

Основным способом лесозаготовки являются сплошно-лесосечные рубки. В последнее десятилетие имеют место также постепенные семенно-лесосечные рубки. Ежегодно отводятся в рубку насаждения на значительных площадях; растет площадь вырубок с механизированной лесозаготовкой.

Эффективное восстановление леса на вырубках невозможно без использования предварительного возобновления, особенно в бучинах Закарпатья; для которых культуры бука мало разработаны и проведение их связано с большими трудностями.

Исследования, проведенные на стационарных участках, площадью в 245 га, показали, что под пологом леса в свежей и влажной бучинах встречается от 10 до 100 тыс. и более экземпляров букового самосева и подростка. В буковых лесах около 33,3% насаждений имеет до 10 тыс. экз. подростка, 47,6% — до 20 тыс., 9,6% — до 50 тыс. экз.; и 9,5% — до 100 тыс. и более экземпляров самосева и подростка.

Однако после сплошных рубок сохраняется не больше 10—25% самосева и подростка, имеющегося под пологом леса, что совершенно недостаточно для облесения вырубок. Главной причиной уничтожения и значительного повреждения подростка является несовершенная организация технологического процесса лесозаготовок.

На ход естественного возобновления оказывают влияние в основном две производственные операции: валка деревьев и трелевка древесины. При валке деревьев повреждение подростка незначительно — от 5 до 15% (в зависимости от крутизны склона и запаса вырубимой древесины на единицу площади).

Значительно большее влияние на состояние подростка оказывает трелевка древесины с гор, называемая лесозаготовителями ризовкой. Трелевка древесины в горах является главной фазой технологического процесса лесозаготовок и существенно отличается от трелевки в рав-

нинных лесах. При трелевке здесь применяется самый отсталый способ — наземный бессистемный спуск древесины с гор, выполняющийся вручную и ведущий нередко к полному уничтожению подроста и нарушению почвенного покрова, а также к значительному повреждению деловой древесины, которая в лучшем случае переводится в дровяную.

Широкое применение имеет конная трелевка. Без подготовленных заранее укрепленных волоков конная трелевка тоже приводит к значительным повреждениям самосева и подроста.

Наряду с этими способами внутрилесосечной транспортировки древесины успешно внедряются в производство механизированные способы трелевки. Применяемые при лесозаготовках механизмы имеют свои конструктивные особенности, вызывают необходимость создания новых форм организации производства и вносят существенные изменения в процесс лесовозобновления, которые необходимо учитывать лесоведам при ведении хозяйства.

Из механизированных способов внутрилесосечной транспортировки древесины наиболее широкое применение имеет лебедочная трелевка. При этом способе в процессе трелевки и ризовки бревен с лесосеки к погрузочным эстакадам рабочим тросом лебедки уничтожается подрост, сносится подстилка и гумусовый горизонт почвы. При возврате рабочего троса на лесосеку и движении холостого троса сильно повреждается подрост. Примерно к таким же результатам приводит полувоздушная канатная трелевка, так как современное строение кареток полувоздушных трелевочных установок не позволяет держать бревна на постоянной высоте под несущим канатом, в результате чего они то приподнимаются передним тросом, то опускаются, сбивая при этом подрост, нарушая цельность почвы, что создает благоприятные условия для развития эрозии.

Несколько меньше повреждается и уничтожается подрост при тракторной трелевке, так как транспортировка древесины, из-за наличия пней на лесосеках, осуществляется по определенным волокам, а не по всей площади вырубок. Однако при подтягивании тросом хлыстов от пня к погрузочному щиту трактора как самими хлыстами, так и тросом повреждается подрост и молодняк.

Кроме рассмотренных выше способов трелевки в последнее время для спуска древесины с гор применяют воздушно-канатные дороги (рис. 1). Этот способ трелевки наиболее отвечает горным условиям с резко пересеченным рельефом. В этом случае трелеваемая древесина около половины своего пути по лесосеке проходит в воздухе. Поэтому при такой трелевке, по сравнению с другими способами внутрилесосечной транспортировки, обеспечивается лучшее сохранение подроста (табл. 1) и почвы во время лесозаготовок, а также высокая производительность труда при значительно меньших затратах, чем при других способах трелевки.

Таблица 1

Способ трелевки	Количество уничтоженного во время рубки и трелевки самосева и подроста, %	Количество оставшегося здорового самосева и подроста, %
Наземный спуск . . . . .	86,6	20,0
Конная . . . . .	53,9	46,7
Тракторная . . . . .	75,3	38,1
Лебедочная . . . . .	82,6	22,2
Полувоздушная канатная . . . . .	75,7	13,6
Воздушно-канатная . . . . .	29,8	57,0

Таким образом, данные табл. 1 подтверждают, что наиболее распространенные способы трелевки — наземный спуск древесины, лебедочная и тракторная трелевки по чернотропу — в горах ведут к массовому уничтожению предварительного возобновления и повреждения почвы. Эти способы трелевки необходимо максимально ограничить и применять только там, где их вредное влияние незначительно.

Более целесообразными способами трелевки являются гужевая конная по укрепленным волокам и из механизированных — воздушная трелевка.

Особого внимания заслуживает трелевка при помощи воздушно-трелевочных установок ВТУ-1,5 и ВТУ-3, выпускаемых в настоящее время Майкопским заводом и успешно выдержавших производственное испытание в условиях Закарпатья.

Новые воздушно-трелевочные установки имеют ряд преимуществ. Они снабжены автоматическими каретками, что позволяет трелевать древесину на более длинное расстояние, благодаря тому, что такого рода каретки могут проходить через промежуточные опоры несущего троса. Конструкция ВТУ обеспечивает также подтрелевку древесины с пасек на расстояние 50—60 м по обе стороны несущего троса. Кроме того трелеваемая древесина более половины пути по лесосеке проходит в воздухе, сохраняя при этом от повреждения подрост и почву. Хотя этот способ трелевки нельзя признать совершенным, так как первичная трелевка древесины производится часто волоком или в полуподвешенном положении, однако он является важным шагом на пути к наиболее рациональным способам.

Воздушно-трелевочные установки экономически выгодны и могут с успехом применяться для транспортировки древесины не только при сплошных рубках, но и при постепенных семенно-лесосечных и других способах рубок.

Опыт применения таких установок в Туря-Реметском, Велико-Березнянском и других лесхозах показал, что особых трудностей при этом не встречается, а результаты достигаются хорошие.

Процесс естественного возобновления при постепенных семенно-лесосечных рубках проходит вполне успешно, что видно из табл. 2.

Таблица 2

Способ рубки	Время учета	Бук		Всего, шт. на 1 га	В том числе благоденственный подрост, %
		до трех лет, шт. на 1 га	более трех лет, шт. на 1 га		
Постепенная семенно-лесосечная (в два приема)	До рубки . . . . .	1750	6436	7186	83,1
	В первый год после рубки . . . . .	1625	5369	6994	3,7
	На пятый год после рубки первого приема . . . . .	16134	9931	26502*	96,8
Постепенная семенно-лесосечная (в три приема)	До рубки . . . . .	2687	6625	9312	70,2
	В первый год после рубки . . . . .	2562	6500	9062	66,9
	На пятый год после рубки первого приема . . . . .	89500	8500	90500	98,3
Сплошно-лесосечная	До рубки . . . . .	4625	6000	10625	95,2
	В первый год после рубки . . . . .	3375	5250	8625	49,5
	На пятый год после рубки . . . . .	—	4875	24015*	89,2

\* В эту цифру входит подрост ивы и березы.



Рис. 1. Воздушная трелевка бревен с лесосеки сплошной рубки.

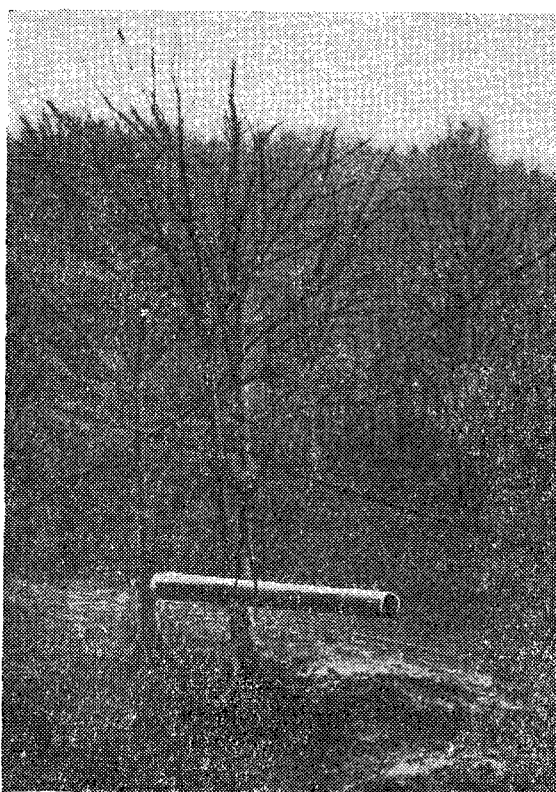


Рис. 2. Воздушная трелевка (ВТУ-1,5) бревен с лесосеки постепенной семенно-лесосечной рубки.

Данные табл. показывают, что постепенные рубки могут обеспечить естественное возобновление главной породы, в то время как сплошная рубка при существующей технологии лесозаготовок приводит к смене пород.

Эти данные говорят о преимуществе в горных лесах Закарпатья селективно-лесосечных рубок перед сплошно-лесосечными.

Принимая во внимание, что в Советских Карпатах выпадает наибольшее (после Кавказских гор) количество осадков и что за последнее столетие в Карпатах периодически повторяются уничтожающие водные катастрофы, эту особенность постепенных рубок в горных условиях трудно переоценить.

---

Поступила в редакцию  
6 ноября 1958 г.

## ПОВЫШЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЯНЦЕВ БЕРЕЗЫ И ВЯЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

**Д. П. ВИКТОРОВ**

Доцент, кандидат биологических наук

**Н. И. БЫСТРЯНЦЕВ**

Студент

(Воронежский лесотехнический институт)

Правильная организация минерального питания растений путем применения соответствующих удобрений может, наряду с другими мероприятиями, сыграть большую роль в борьбе с неблагоприятным влиянием засухи на растения. Особый интерес в этом отношении представляют фосфорные удобрения.

Повышение засухоустойчивости сельскохозяйственных растений под влиянием фосфорных удобрений отмечается в работах ряда авторов [5], [7], [8], [9].

Обстоятельные исследования А. М. Алексеева и Н. А. Гусева [1] показали, что под влиянием фосфорных удобрений происходит значительное увеличение количества коллоидно-связанной воды, благодаря чему повышается устойчивость гидрофильных коллоидов протоплазмы и способность клеток переносить обезвоживание.

Влияние минеральных удобрений на водный режим и засухоустойчивость древесных растений почти не изучено. В статье А. П. Щербакова [10] указывается, что растворимые фосфаты, внесенные в почву в засушливых районах, повышают прирост сеянцев древесных пород, которые более рационально используют небольшие запасы влаги в почве. Имеются данные, показывающие, что при подкормке насаждений минеральными удобрениями наблюдается уменьшение транспирационных потерь [2], [6].

Проведенные нами исследования [3] позволили установить тесную зависимость процесса транспирации сеянцев древесных пород от условий фосфорного питания. Интенсивность транспирации сеянцев, выращенных в песчаных культурах, была тем меньше, чем выше доза фосфора. Так, например, сеянцы клена ясенелистного, получившие половинную, по сравнению со смесью Прянишникова (контроль), дозу фосфора, испаряли в среднем на 57% интенсивнее контрольных растений, а у получивших двойную дозу фосфора интенсивность транспирации снизилась почти в два раза. Сеянцы сосны, выросшие на фоне тройной дозы фосфора, имели интенсивность транспирации на 66% меньше контрольных. При этом оказалось, что у растений, получивших повышенные дозы фосфора,

интенсивность транспирации меньше отклонялась от средней величины. Интересно отметить, что пониженная интенсивность транспирации наблюдалась также в варианте, где вместо увеличения количества фосфора были уменьшены дозы азота и калия, из чего можно сделать вывод, что на водный режим сеянцев влияет не только абсолютное количество фосфора, но и соотношение его с другими питательными элементами. Проведенные нами полевые опыты с сосной обыкновенной показали, что предпосевное внесение в серую лесную почву суперфосфата вызывает тем большее уменьшение транспирации, чем выше доза удобрения: интенсивность транспирации сеянцев в варианте 16 кг  $P_2O_5$  на 1 га составляла 83%, а в варианте 24 кг/га — 50% от соответствующего показателя контрольных сеянцев.

Опыты с березой бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) и вязом (*Ulmus laevis* Pall.) проводились в питомнике учебно-опытного лесхоза Воронежского лесотехнического института на серой лесной почве.

Перед посевом вносились удобрения: аммиачная селитра и 40%-ная калийная соль — взброс, гранулированный суперфосфат — в посевные бороздки. Схема опыта для обеих пород была одинакова и включала следующие шесть вариантов.

Таблица 1

Варианты	Количество внесенных удобрений, кг/га		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Контроль . . . . .	—	—	—
NK . . . . .	15	—	20
NPK . . . . .	15	10	20
$NP_2K$ . . . . .	15	20	20
$NP_3K$ . . . . .	15	30	20
$NP_4K$ . . . . .	15	40	20

Повторность опытов — четырехкратная. Размеры делянок составляли 2 м<sup>2</sup>, интервалы между соседними делянками — 0,5 м. Посев березы был произведен 4 мая, вяза — 21 июня 1958 г.

Основной задачей данных опытов было выяснение влияния, оказываемого фосфорными удобрениями на засухоустойчивость сеянцев. Для этого мы исследовали ряд показателей, характеризующих водоудерживающую способность растительных тканей: 1) транспирацию подвядających побегов по методу Арланда, 2) водный дефицит листьев при их завядании и 3) изменение направленности действия ферментов в завядających листьях.

Для учета транспирации по методу Арланда сеянцы извлекались из почвы, корни срезались острым скальпелем, после чего сеянцы ставились для предварительного насыщения в колбы с водой и закрывались колпаком. Через 16—20 час стебли обсушивались фильтровальной бумагой и концы стеблей заливались расплавленным парафином, имеющим температуру 55—60° С. Для каждого определения бралось по 5—10 сеянцев каждого варианта. Сеянцы взвешивались с точностью до 0,01 г, после чего помещались (в соответствии с рекомендацией Польстера [12]) в вертикальном положении в специальные проволочные стойки на таком расстоянии друг от друга, чтобы листья соседних сеянцев не соприкасались. Через час производилось второе взвешивание, после чего листья срезались и высушивались при +100° С. Интенсивность транспирации выражалась в мг на 1 г сухого веса листьев за 1 час. Как указывает автор



метода Арланд [11], транспирация побега, располагающего лишь собственным запасом воды, показывает способность растения противостоять нарушению водного баланса и является хорошим показателем физиологического состояния растения. Польстер и Рейхенбах [13] считают, что этот метод позволяет определить устойчивость растения к завяданию, то есть способность экономить воду при временном завядании.

Водный дефицит завядающих листьев определялся следующим образом: насыщенные водой листья (выдержанные в течение нескольких часов во влажной атмосфере) взвешивались, помещались в эксикатор над концентрированной серной кислотой (удельный вес 1,84) и через 6 час вторично взвешивались, после чего высушивались при + 100°.

Водный дефицит вычислялся по формуле

$$\frac{a-b}{a-c} \cdot 100,$$

где  $a$  — вес листьев в состоянии полного насыщения;  
 $b$  — вес листьев после завядания;  
 $c$  — абсолютно сухой вес.

Для учета способности клеток переносить обезвоживание был использован метод крахмальной пробы, предложенный Генкелем [4]. Листья определенного яруса (третьего снизу) срезались с сеянцев во второй половине дня. Для определения исходного содержания крахмала от листьев отрезались кусочки и после обесцвечивания спиртом обрабатывались раствором йода в йодистом калии. Вторично количество крахмала определялось после шестичасового завядания в эксикаторе над концентрированной серной кислотой. В каждом опыте использовалось пять листьев.

Содержание крахмала оценивалось по пятибальной системе отдельно для каждого листа, и из полученных данных вычислялось среднее арифметическое.

Наряду с изучением водного режима было проведено анатомическое исследование листьев сеянцев березы и вяза. Для анализа использовались листья восьмого яруса с пяти экземпляров каждого варианта. Листья, взятые 12/IX 1958 г. и заспиртованные, обрабатывались затем горячей водой и просветлялись путем погружения на сутки в 40%-ный раствор едкого натра. Жилки, видимые в поле зрения микроскопа при увеличении в 56 раз, зарисовывались при помощи рисовального прибора, после чего длина жилок измерялась курвиметром.

Измерение размеров и веса сеянцев показало, что азотнокалийные удобрения оказали небольшое влияние на рост березы и почти не повлияли на рост вяза.

Введение в удобрительную смесь фосфора вызвало значительное усиление роста сеянцев обеих пород (см. табл. 2 и 3).

Таблица 2

Варианты	Длина стволика в см			Диаметр корневой шейки в мм 12/IX	Сухой вес 100 сеянцев в г (12/IX)			
	16/VI	15/VII	12/IX		стебли	корни	листья	целое растение
Контроль . . .	0,9	1,6	5,6	1,1	4,3	4,0	9,0	17,3
NK . . . . .	1,0	2,4	6,2	1,3	5,4	4,8	11,0	21,2
NPK . . . . .	1,1	2,5	9,1	1,4	6,5	6,0	12,6	25,1
NP <sub>2</sub> K . . . .	1,2	3,1	7,7	1,7	9,9	9,0	18,4	37,3
NP <sub>3</sub> K . . . .	1,2	4,8	7,8	1,7	9,5	9,2	17,9	36,6
NP <sub>4</sub> K . . . .	1,3	5,6	7,9	1,8	8,6	9,1	16,8	34,5

Интересно при этом отметить, что в начале вегетационного периода рост сеянцев березы был тем лучше, чем больше было внесено суперфосфата, а к осени различия между вариантами с различными дозами фосфора сгладились, в результате чего в середине сентября наибольшая длина стволчиков оказалась у растений третьего варианта, а наивысший сухой вес — у сеянцев четвертого варианта. Очевидно, мы встретились здесь с известным фактом более раннего перехода растений в состояние покоя под влиянием высоких доз фосфора [10].

Нам не удалось проследить за ходом роста вяза в течение вегетационного периода\*. Приведенные в табл. 3 данные, характеризующие размеры и вес сеянцев на 12/IX 1958 г., весьма напоминают результаты, полученные для березы.

Таблица 3

Варианты	Длина стволчика в см	Диаметр корневой шейки в мм	Сухой вес 100 сеянцев в г			
			стебли	корни	листья	целое растение
Контроль	10,8	2,0	8,9	12,8	14,7	36,4
NK	9,9	2,0	9,4	13,7	15,4	38,5
NP <sub>1</sub> K	12,1	2,2	12,4	16,6	17,1	46,1
NP <sub>2</sub> K	14,6	2,7	21,3	24,7	30,7	76,7
NP <sub>4</sub> K	14,1	2,8	21,7	26,3	31,0	79,0

Учет транспирации сеянцев березы производился в июле, сеянцев вяза — в августе. Всего было проведено с березой четыре серии опытов, с вязом — пять.

Из табл. 4, в которой приведены средние данные, видно, что сеянцы, получившие азотно-калийные удобрения, теряли столько же воды, сколько и контрольные сеянцы, а в тех вариантах, где был внесен суперфосфат, наблюдалось снижение интенсивности транспирации, выраженное тем сильнее, чем выше была доза фосфора.

Таблица 4

Варианты	Береза		Вяз	
	мг/г · час	% от контроля	мг/г · час	% от контроля
Контроль	729,4 ± 56,9	100	617,3 ± 29,8	100
NK	721,8 ± 26,8	99,0	621,4 ± 31,8	100,7
NP <sub>1</sub> K	605,5 ± 47,3	83,0	534,5 ± 21,3	86,6
NP <sub>2</sub> K	548,0 ± 72,8	75,1	488,5 ± 24,1	79,1
NP <sub>3</sub> K	546,9 ± 15,2	74,9	444,1 ± 14,2	71,9
NP <sub>4</sub> K	409,2 ± 43,2	56,1	385,3 ± 25,1	62,4

Результаты опытов по определению водного дефицита листьев после пребывания в эксикаторе над серной кислотой приведены в табл. 5 (средние данные из трех опытов для каждой породы).

Из данных табл. 5 следует, что фосфорные удобрения значительно повысили водоудерживающую способность листьев. Сеянцы, получившие наивысшую дозу фосфора, теряли при сильном завядании примерно в 2,5 раза меньше воды, чем контрольные растения.

\* Из-за низкой всхожести семян мы были лишены возможности брать для исследования большое количество экземпляров, без чего измерения не могут считаться достоверными; по этой же причине не приводятся данные по варианту NP<sub>3</sub>K.

Таблица 5

Варианты	Береза	Вяз
Контроль . . . . .	28,0	35,0
NK . . . . .	26,7	31,8
NPK . . . . .	24,3	27,8
NP <sub>2</sub> K . . . . .	19,9	21,3
NP <sub>3</sub> K . . . . .	18,4	18,2
NP <sub>4</sub> K . . . . .	12,2	14,2

Определение засухоустойчивости сеянцев, проведенное при помощи метода крахмальной пробы, показало, что под влиянием удобрений произошло увеличение способности клеток противостоять сильному обезвоживанию (табл. 6). Чем больше было внесено фосфора, тем слабее был выражен сдвиг действия ферментов в сторону гидролиза, что проявлялось в более высоком содержании крахмала в листьях после завядания.

Таблица 6

Варианты	Береза		Вяз	
	исходные	после завядания	исходные	после завядания
Контроль . . . . .	4,2	2,7	4,7	3,3
NK . . . . .	4,4	3,4	4,7	3,9
NPK . . . . .	4,3	3,6	4,7	3,9
NP <sub>2</sub> K . . . . .	4,5	3,8	4,6	4,1
NP <sub>3</sub> K . . . . .	4,3	4,0	4,9	4,3
NP <sub>4</sub> K . . . . .	4,7	4,4	5,0	4,5

Результаты анатомического исследования листьев приведены в табл. 7, из которой видно, что листья имели тем меньшую густоту жилкования, чем выше была доза фосфорных удобрений.

Таблица 7

Варианты	Береза		Вяз	
	см на 1 см <sup>2</sup>	% от контроля	см на 1 см <sup>2</sup>	% от контроля
Контроль . . . . .	31,3±2,1	100	39,9±1,9	100
NK . . . . .	25,8±1,4	82,4	32,9±1,7	82,5
NPK . . . . .	23,0±2,2	73,5	33,5±1,1	84,0
NP <sub>2</sub> K . . . . .	22,6±1,4	72,2	29,8±1,6	74,7
NP <sub>3</sub> K . . . . .	20,7±0,8	66,1	22,5±0,7	56,4
NP <sub>4</sub> K . . . . .	19,7±0,4	62,8	20,9±0,4	52,4

Аналогичное явление (уменьшение густоты жилкования под влиянием минеральных удобрений) было отмечено ранее в опытах с осинной [2].

### Выводы

1. Азотно-калийные удобрения, внесенные перед посевом в серую лесную почву, оказали слабое влияние на рост сеянцев березы и вяза, тогда как полное удобрение (NPK) весьма эффективно и вызвало значительное увеличение размеров и веса сеянцев.

2. Улучшение фосфорного питания повысило засухоустойчивость сеянцев — транспирация подвядавших побегов, водный дефицит листьев после сильного завядания, а также изменение направленности действия ферментов были выражены тем слабее, чем больше было внесено суперфосфата. Все это свидетельствует об увеличении водоудерживающей способности и устойчивости клеточных коллоидов под влиянием фосфорных удобрений.

3. Фосфорные удобрения на фоне азота и калия повлияли на анатомическое строение листьев березы и вяза: листья имели меньшую густоту жилкования, чем выше была доза фосфора. Изменение структуры листьев в сторону мезоморфности можно объяснить тем, что удобренные сеянцы, обладая высокой водоудерживающей способностью и пониженной транспирацией, находились в более благоприятных условиях водного режима. Таким образом, мы приходим к весьма важному выводу о том, что засухоустойчивые растения могут не иметь ксероморфной структуры, если засухоустойчивость вырабатывается не в результате перенесенного обезвоживания (так называемого закалывания к засухе), а под воздействием улучшенных условий минерального питания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Алексеев, Н. А. Гусев. Влияние минерального питания на водный режим растений. Изд. АН СССР, М., 1957. [2]. Д. П. Викторов, М. П. Скрябин. Изменение транспирации и фотосинтеза осины в связи с подкормкой минеральными удобрениями. Труды Воронежского гос. заповедника, вып. 7, 1957. [3]. Д. П. Викторов, П. И. Быстряцев. Влияние условий фосфорного питания на транспирацию сеянцев древесных пород. Доклады АН СССР, т. 128, № 6, 1959. [4]. П. А. Генкель. Крахмальная проба как один из методов диагностики засухоустойчивости растений. Доклады АН СССР, т. 86, № 5, 1952. [5]. Т. Т. Демиденко, Р. А. Барнинова. Влияние удобрений на устойчивость сахарной свеклы к почвенной засухе. Известия АН СССР, сер. биол., № 2, 1937. [6]. С. А. Казадаев. Опыт минеральной подкормки сосны в 20-летнем насаждении. Труды Воронежского гос. заповедника, вып. 7, 1957. [7]. К. С. Миролубов. Минеральные удобрения как средство повышения устойчивости растений к засухе. «Советская ботаника», № 4—5, 1938. [8]. Е. И. Ратнер. О питании растения как факторе его засухоустойчивости. Сборник памяти акад. Н. А. Максимова, изд. АН СССР, М., 1957. [9]. Н. Л. Удольская. К вопросу об изучении элементов минерального питания как факторов, изменяющих засухоустойчивость растения. Доклады АН СССР, т. 2, № 1, 1934. [10]. А. П. Щербakov. Вопросы минерального питания сеянцев древесных пород. Труды Института леса АН СССР, т. 24, 1955. [11]. A. Arland. Ein Beitrag zur Anwelkmethode. Deutsche Akademie der Landwirtschaften, Sitzungsberichte, Bd. 5, Ht. 6. Leipzig, 1956. [12]. H. Polster. Die Anwelkmethode Arlands im Blickfelde der Transpirationsphysiologie. «Archiv für Forstwesen», Bd. 2, Ht. 4/5, 1953. [13]. H. Polster und H. Reichenbach. Zur «Anwelkmethode» von Arland. «Die Deutsche Landwirtschaft», № 12, 1954.

Поступила в редакцию  
12 июня 1959 г.

## ВЛИЯНИЕ НА РОСТ СОСНЫ ХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА БОРЬБЫ С ЖУКАМИ МАЙСКОГО ХРУЩА

**В. М. БЕРЕЗИНА**

Кандидат биологических наук

(Всесоюзный институт защиты растений)

В настоящее время в СССР и за границей для борьбы с майским хрущом широко применяется химический метод. Данная статья содержит некоторые материалы по исследованию реакции лесных культур на этот вид борьбы с вредителями.

В 1950 г. нами был обнаружен мощный очаг майского хруща в сосновых (иногда с примесью березы) культурах урочища «Песчанка», занимающего северную окраину Савальского лесничества Воронежской области. Самые взрослые культуры этого урочища относятся к посадкам двадцатых годов текущего столетия. Внешние признаки деятельности хруща здесь достаточно ясно выражены в притупленности крон сосны и в сильной изреженности культур, вызванной интенсивным отпадом. Особенно заметно это было на участках сосново-березовых посадок (кварталы 32 и 39), где сплошь и рядом встречались лишь куртины уцелевших берез или сосен и единичные сосновые деревья. Неоднократные попытки облесения образовавшихся пустырей многие годы оставались безрезультатными. Единственной причиной всего этого являлась сильная зараженность почвы хрущом, плотность заселения которым доходила до 216 шт. на 1 м<sup>2</sup> \*. Это повлияло на величину прироста сосны в высоту.

Первый учет прироста был проведен в 1951 г. на 55 стоящих на корню модельных деревьях. Он показал, что в течение всего периода существования взрослые деревья (посадки 1925 г.) росли медленно. Это было связано, очевидно, с тем, что данные культуры явились пионерами при облесении участка, бывшего ранее степным. Последующие посадки сосны в том же урочище, за исключением культур 40-х годов, имели более интенсивный рост, особенно в начале периода смыкания кроны, то есть в 7—9-летнем возрасте, когда их годичный прирост достигал в высоту 60 и даже 65 см. Но за таким максимумом, почти как правило, следовало снижение величины прироста, наиболее интенсивное с начала 40-х годов. Именно к этому периоду, совпадающему со смыканием по-

\* В 1937 г. в том же урочище проводились исследования, в результате которых было установлено полное отсутствие хруща в почве. Очаг последнего в то время располагался на расстоянии 2 км к югу (в квартале 70), во взрослых сосновых и березовых насаждениях — по северному склону проходящей здесь балки. В дальнейшем он и явился источником заражения урочища «Песчанка» майским хрущом.

лога на значительной площади урочища «Песчанка», и относится, вероятно, начало его массового заселения майским хрущом, предпочитающим в лесостепной зоне сомкнутые насаждения и встречающимся значительно реже в открытых лесных почвах.

Прирост сосны посадок 40-х годов даже к периоду обычного начала смыкания кроен не превышал 42—30 см, то есть снизился на 30—54%, в некоторых же случаях составлял лишь 14 см, то есть всего — 25% нормального. Это связано с повреждением посадок хрущом, а также с тем, что в военное время за посадками был недостаточный уход.

Вторично исследования прироста сосновых культур в высоту в том же урочище мы провели в 1958 г. после двукратных сплошных авиахимобработок всей Савальской дачи (в 1952 г. — 12%-ным дустом ГХЦГ, в 1953 г. — 5,5%-ным дустом ДДТ\*) и двух наземных опыливания опухом дустом ГХЦГ в 1954 и 1956 гг. Во всех случаях норма расхода яда была 20 кг/га.

Учет прироста был проведен на 48 модельных деревьях, также стоящих на корню (по 6 для каждого возраста культур). Наиболее взрослыми в данном случае оказались посадки начала 40-х годов. В первые годы их рост, как и рост более молодых культур, был сильно замедленным. Начиная же с предлетнего 1951 г. и в течение последующих лет, когда проводилась химическая обработка, происходило постепенное усиление роста культур, интенсивность которого находилась в обратном соотношении с возрастом насаждений. Более сильная реакция молодых посадок, по сравнению со взрослыми, на повреждения хрущом была характерна и для периода интенсивного действия вредителя. Интересно поэтому сопоставить величины прироста таких культур при различном количестве личинок хруща в почве, используя для этого вышеуказанные материалы, данные 1937 г. и ежегодных (с 1950 г.) раскопок почвы в тех же культурах.

Таблица 1

Периоды (годы)	Средняя зараженность культур хрущом, шт. на 1 м <sup>2</sup>	Средние показатели прироста сосны в см по годам роста							Средняя обитая высота сосны, см	Потери прироста, %
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й		
1926—1942	0,0**	10	27	35	42	47	55	60	285	0
1943—1951	39,0***	8	10	15	17	16	20	25	111	61
1952—1957	7,6	21	31	33	34	38	49	61	267	6

Из табл. 1 видно, что по сравнению с тем временем, когда хрущ отсутствовал, в период сильного заражения им почвы культуры теряли за первые 7 лет роста 61% своего прироста в высоту. После же уничтожения значительной части вредителя химической обработкой величина прироста приблизилась к той, которая имела место до появления хруща. При этом кроны более взрослых сосен также приобрели нормальную форму, резко сократился и отпад в культурах. Есть все основания предполагать, что проведенное в 1957 г. сплошное повторное авиаопыливание 12%-ным дустом ГХЦГ участков, обработанных в 1953 г. 5,5%-ным дустом ДДТ, вызовет еще большее сокращение отпада и увеличение годичного прироста культур, в результате чего полностью возместятся затраты хозяйства на химическую борьбу с жуками хруща.

\* Следует отметить, что дуст ДДТ оказался значительно менее эффективным, чем дуст ГХЦГ, и это снизило показатели прироста.

\*\* По данным раскопок 1937 г.

\*\*\* По данным раскопок 1950 и 1951 гг.

Эти материалы, наряду с опубликованными ранее, позволяют рекомендовать химический метод уничтожения жуков в качестве основного для борьбы с майским хрущом. Для надежной защиты культур от повреждений необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) использовать 12%-ный дуст ГХЦГ по норме расхода 20 кг/га;
- 2) производить сплошные авиахимобработки массивов в годы массового лета жуков;
- 3) проводить наземные или авиаобработки в местах концентрации жуков в межлетные годы;
- 4) своевременно начинать обработки и проводить их в сжатые сроки с расчетом окончания до начала массовой яйцекладки жуков.

Поступила в редакцию  
16 марта 1959 г.

## О НАБУХАНИИ СЕМЯН ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ

**В. М. ЛЮБЧЕНКО**

Аспирант

(Всесоюзный НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства)

Принято называть твердыми семена многих растений, имеющие мало или совсем непроницаемые для воды покровы. Явление это изучено недостаточно, хотя и имеет большое практическое значение [2].

Семена липы, относящиеся к твердым, не набухают, что по одним данным обуславливается наличием малопроницаемой для воды кожуры, по другим [3] — зависит от свойств эндосперма. Проницаемость кожуры уменьшается и при высушивании семян [4], [5].

Для установления причин потери семенами липы способности к набуханию и определения условий, способствующих возникновению и снятию состояния покоя семян, нами были поставлены опыты. При этом изучалось влияние покровов семян, их зрелости и условий хранения, а при стратификации — влияние температуры, влажности и субстрата.

Методика опытов. Для изучения влияния покровов семян (в околоплодниках и без них, а также с поврежденной кожей) их намачивали в теплой воде (+18—20° С) и через определенные сроки взвешивали.

Для изучения влияния зрелости семена собирали последовательно по месяцам с августа по февраль. После сбора отбирали среднюю пробу семян. Одну часть семян пробы взрезывали и таким образом определяли количество набухших и ненабухших (набухшими считали семена упругие с ядром белого цвета, а ненабухшими — семена мягкие, с ядром стекловидно-прозрачным желтоватого цвета). У второй части семян удаляли околоплодник, надрезали кожуру и вымачивали в течение одних суток, третью часть после удаления околоплодника вымачивали в течение трех суток и затем определяли влажность. Указанные сроки намачивания обеспечивали полное набухание семян.

Хранили семена в помещениях с различными температурами, пробы брали через месяц, учитывали влажность семян, способность к набуханию, определяемую количеством набухших семян после их намачивания в воде в течение пяти и десяти суток.

Стратифицировали твердые семена при температуре от +5 до +25° С в крупнозернистом песке, имевшем влажность, равную 60% полной влагоемкости. Изучали влияние влажности в 60 и 90% полной влагоемкости (при температуре 15° С) и сравнивали влияние на набухание твердых семян песка и торфяной крошки (влажность 60% полной влагоемкости при температуре +15° С). Влажность семян определяли по отношению к абс. сухому весу. Все опыты поставлены в трехкратной



повторности, для анализа бралось не менее 300 шт. семян, при этом расхождения между повторностями не превышали 5%. Исследования проведены в 1957—1959 гг. в Московской области с семенами местного сбора.

Результаты опытов. В опытах с намачиванием свежесобранных и подсушенных семян в околоплодниках и без них было установлено, что околоплодник набуханию не препятствует, но несколько задерживает его. К такому же выводу пришла и З. К. Шумилина [4]. Для выяснения влияния кожуры удаляли околоплодники и намачивали семена как свежесобранные, так и после 40-дневного подсушивания. У части подсушенных семян надрезали кожуру (табл. 1).

Таблица 1

Семена	Вес 100 шт. семян до намачивания, г	Начальная влажность, %	Вес 100 шт. семян в г при сроке намачивания в сутках					
			1	2	3	5	8	15
Свежесобранные . . . . .	2,40	31	3,70	3,91	3,90	3,87	3,85	3,54
Подсушенные:								
а) с повреждением кожуры . . . . .	2,10	10	3,86	3,93	3,96	3,75	3,66	3,37
б) без повреждения кожуры . . . . .	2,10	10	2,49	2,55	2,55	2,55	2,57	2,58

Оказалось, что подсушенные семена набухают плохо, однако при повреждении кожуры они поглощают воды столько же, сколько и свежесобранные. Таким образом, семенная кожура в результате подсушивания становится малопроницаемой для воды.

Влияние зрелости семян на способность кожуры пропускать воду изучалось путем сравнения влажности намоченных семян с надрезанной кожурой и без повреждения ее (табл. 2).

Таблица 2

Дата сбора семян	Количество семян при сборе, %		Влажность при сборе, %	Влажность семян после намачивания, %	
	набухших	ненабухших		с поврежденной кожурой	с неповрежденной кожурой
26.VIII	100	0	179	—	—
9.IX	100	0	100	—	—
23.IX	50	50	60	109	112
9.X	0	100	32	105	104
21.X	0	100	19	104	104
4.XI	0	100	32	106	103
20.XI	0	100	23	105	103
9.I	42	58	48	107	110
15.II	57	43	49	114	118

Из табл. 2 видно, что при созревании семян влажность их резко понизилась (более чем в 9 раз). В дальнейшем влажность зрелых семян, находящихся на деревьях, колебалась в зависимости от погодных условий. Представляет интерес явление полного набухания части семян на деревьях зимой во время оттепелей. При намачивании целые семена всех сроков сбора хорошо набухали, влажность их повысилась до уровня влажности семян с поврежденной кожурой, что указывает на полное набухание.

Таким образом, при созревании семян и дальнейшем нахождении их на дереве семенная кожура не теряла способность пропускать воду.

Влияние степени подсушивания на набухание семян изучалось в условиях хранения при температуре 17—22°С (табл. 3). Из таблицы видно, что при влажности ниже 18% происходит постепенное понижение способности семян к набуханию, при этом тем сильнее, чем скорее понижается влажность.

Таблица 3

Сроки хранения семян, в днях	Состояние семян собранных			
	16. X. 1958.		2. XII. 1958	
	влажность, %	набухло семян, % за $\frac{5}{10}$ суток	влажность, %	набухло семян, % за $\frac{5}{10}$ суток
После сбора	39	100	26	100
5	31	100	14	$\frac{32}{70}$
10	18	100	13	$\frac{28}{47}$
15	15	$\frac{26}{68}$	12	$\frac{16}{38}$
30	14	$\frac{22}{32}$	11	$\frac{15}{25}$
60	12	$\frac{14}{21}$	10	$\frac{14}{21}$

В соответствии с этой закономерностью был поставлен опыт с хранением семян при различных температурах и влажности воздуха (табл. 4).

Таблица 4

Показатели	Холодильная камера	Вегетационный домик	Неотапливаемое помещение	Отапливаемое помещение
Температура при хранении, °С . . .	0	+5 — 10	+10+15	+17+22
Относительная влажность воздуха, %		90—95	75—85	45—55
Состояние семян при продолжительности хранения 30 дней влажность, % . . . . .	80—90	27	18	14
набухло семян в % за $\frac{5}{10}$ суток 60 дней	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{62}{100}$	$\frac{22}{32}$
влажность, % . . . . .	25	25	16	12
набухло семян в % за $\frac{5}{10}$ суток 90 дней	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{38}{100}$	$\frac{14}{21}$
влажность, % . . . . .	23	29	14	10
набухло семян в % за $\frac{5}{10}$ суток	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{17}{29}$	$\frac{10}{16}$

Оказалось, что чем ниже температура и выше влажность воздуха, тем дольше сохраняется у семян исходная влажность, а поэтому они полностью сохраняют способность к набуханию. Следует отметить, что при хранении в вегетационном домике семена испытывали кратковременное воздействие температуры — 25—30° С. Эти температуры не повлияли отрицательно на жизнеспособность семян, имевших влажность 25—27%.

Набухание твердых семян при стратификации изучали в пределах температуры от +5 до +25° С (табл. 5)\*.

Таблица 5

Срок стратификации, в днях	Состояние семян	Число семян при температуре, °С				
		+5	+10	+15	+20	+25
30	Набухшие . . .	6	7	8	20	28
	Ненабухшие . . .	91	92	90	78	68
	Загнившие . . .	1	1	2	2	4
60	Набухшие . . .	10	14	19	35	40
	Ненабухшие . . .	88	84	79	62	49
	Загнившие . . .	2	2	2	3	11
150	Набухшие . . .	28	42	44	60	55
	Ненабухшие . . .	70	56	52	33	14
	Загнившие . . .	2	2	4	7	31

Лучше всего набухание происходило при температуре 20° С, при понижении температуры наблюдалось уменьшение количества набухших семян; при температуре 25° С семена набухали быстрее, но значительная часть их загнивала. Для выяснения влияния переменных температур семена промораживали (от 0 до —10° С) и после суточного оттаивания (при +15° С) двое суток вымачивали в воде. Этот прием повторяли 7 раз в течение месяца. В результате за 30 дней набухало 23% семян. При вымачивании семян в течение 10 суток в воде (контроль) набухало 24%. Таким образом, переменная температура не способствовала ускорению набухания семян.

При стратификации в торфяной крошке семена набухали несколько быстрее, чем в песке (табл. 6).

Таблица 6

Срок стратификации, в днях	Количество набухших семян на разных субстратах, %	
	песок	торфяная крошка
30	6	12
60	19	24
150	45	62
180	63	72
210	68	79
240	73	84

\* Стратификацию сухих (то есть твердых) семян рекомендуется производить в два этапа [1]; сначала при более высоких температурах — для размягчения кожуры и набухания семян, потом при 0 и +10° С. В нашем опыте мы изучали оптимальные условия на первом этапе стратификации.

При изменении влажности песка от 60 до 90% полной влагоемкости количество набухших семян остается почти одинаковым (табл. 7).

Таблица 7

Срок стратификации, в днях	Влажность песка, %	Количество семян, %	
		набухших	загнивших
30	60	6	0
	90	6	0
60	60	19	0
	90	19	0
150	60	44	2
	90	50	2

Отмечено, что при одинаковой исходной влажности в первые месяцы стратификации несколько лучше набухают семена после 40 дней хранения, чем после 180 дней.

Полное восстановление способности подсушенных семян к набуханию при стратификации в песке (с температурой +15°С) произошло за 300 дней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Д. Минин. Раздел «Лесные семена», Агролесомелиорация. Изд. III, М., 1956. [2]. А. В. Попцов. Твердые семена. Труды Главного ботанич. сада АН СССР, т. III, 1953. [3]. А. И. Савченко. Предпосевная подготовка семян липы. Бюллетень науч. техн. информ. БелНИИЛХа № 1, 1958. [4]. З. К. Шумилина. Стратификация семян древесных и кустарниковых пород. Гослестехиздат, М., 1940. [5]. Spræth Nelson. A physiological study of dormancy in Tilia seeds, Cornell Univ Agric. Exp. St. Memoir, 169, June, 1934.

Поступила в редакцию  
10 марта 1959 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

О ВЛИЯНИИ СМЕЖНЫХ ШПАЛ  
НА ОСАДКУ ПУТИ

Т. А. ГУРЬЕВ

Ассистент

В. В. ШЕЛКУНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Уже давно, при испытании одиночных шпал, было замечено, что одновременно с осадкой шпалы, на которую приложена нагрузка, наблюдается осадка соседней, ненагруженной шпалы. По данным А. Е. Алексеева [1], осадка ненагруженной шпалы составляла около четверти осадки нагруженной шпалы.

Проф. И. И. Черкасов [3] на основании весьма тщательно организованных экспериментальных исследований деформаций поверхности грунта в окрестностях жесткого штампа пришел к следующим выводам:

1) при вдавливании штампа развиваются общие и местные деформации грунта. К деформации общего характера относится восстанавливаемая осадка штампа и прилегающей к нему поверхности грунта. Последняя распространяется далеко за пределы нагруженной площади. Остаточные деформации имеют местный характер и развиваются в основном непосредственно под штампом;

2) восстанавливающиеся осадки штампа, также как и восстанавливающиеся перемещения поверхности грунта вокруг него, можно принять линейно зависящими от среднего удельного давления штампа. Остаточные осадки в общем случае связаны с удельным давлением нелинейно.

Таким образом, следует считать бесспорным, что смежные шпалы при деформации под действием нагрузки в той или иной степени влияют друг на друга и это влияние должно быть учтено при расчетах верхнего строения железнодорожного пути.

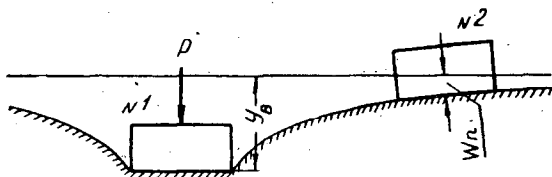


Рис. 1.

Ниже рассматриваются осадки двух не соединенных между собой шпал, расположенных на поверхности грунта (рис. 1). Учитываются только упругие (восстанавливающиеся) осадки шпал и поверхности

грунта, которые считаются линейно зависящими от среднего давления на шпалу. Деформацией шпал в поперечном направлении можно пренебречь.

Под действием нагрузки  $P$  только на шпалу № 1 произойдет упругая осадка этой шпалы на величину  $y$ . Одновременно с осадкой шпалы упруго деформируется и поверхность грунта, вследствие чего шпала № 2, к которой не прикладывалась нагрузка, будет иметь осадку, которая зависит от расстояния между шпалами и характера деформации поверхности грунта.

Если к шпалам № 1 и 2 прикладывать по одинаковой нагрузке  $P$ , то каждая шпала будет иметь упругую осадку, равную  $y + W_n$ , где  $W_n$  — добавочная осадка шпалы из-за совместного действия шпал.

В соответствии с принятой схемой в лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса АЛТИ были проведены опыты с брусковыми шпалами поперечного сечения  $18,5 \times 12$  см, длиной 1,5 м. Основанием является лесо-топяная залежь с толщиной слоя торфа 1,70 м. Поверх торфа имеется песчаная подушка толщиной 60 см. Торф среднеразложившийся с весовой влажностью 523—593% и модулем общей деформации 1,58—1,87 кг/см<sup>2</sup>.

Статическое давление на шпалы передавалось через отрезки рельсов ступенями по 500 кг (максимальная нагрузка 2 т) при помощи гидравлических домкратов и специальных поперечин с приваренными сегментами, имеющими такие же радиусы, как и у колес узкоколейного вагона. Просадки шпал замерялись при помощи индикаторов часового типа. На каждый отрезок рельса устанавливалось по два индикатора на равном расстоянии от оси шпалы. Индикаторы крепились к уголкам и штангам, забитым в минеральный грунт ниже слоя торфа.

Вначале нагрузка прикладывалась к шпале № 1 и определялась ее осадка при каждой ступени загрузки. Затем нагрузка прикладывалась к шпале № 2 и замерялась ее осадка.

После проведения указанных опытов шпалы были соединены между собой при помощи коротких рельсов и выполнялась следующая серия опытов по определению просадок одновременно обеих шпал. Расстояние между осями шпал принято 51 и 68 см. Шпала № 1 в период опытов не передвигалась.

Во всех опытах между ступенями нагрузки выдерживалось время 5 мин, а нагрузка прилагалась три раза.

Результаты опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Усилие на шпалу, т	Осадки шпал в мм						Прирост осадки из-за влияния шпал друг на друга	
	одиночная		l=68		l=51		l=68	l=51
	одиноч- ная	Δ на 500 кг	пол- ная	Δ на 500 кг	пол- ная	Δ на 500 кг		
0,5	0,87		1,08		1,27			
		0,85		1,05		1,25	0,20	0,40
1,0	1,72		2,13		2,52			
		1,06		1,34		1,50	0,28	0,44
1,5	2,78		3,47		4,02			
		1,24		1,44		1,81	0,20	0,57
2,0	4,02		4,91		5,82			
Среднее на 500 кг	—	1,05	—	1,28	—	1,52	0,23	0,47
Среднее см/кг	—	—	—	—	—	—	$0,46 \cdot 10^{-4}$	$0,94 \cdot 10^{-4}$

Данные опытов подтверждают, что при совместной работе шпалы влияют друг на друга, а степень влияния зависит от расстояния между шпалами.

Прирост осадки в табл. I подсчитан на 500 кг нагрузки с целью устранения скачка в осадке шпалы в начальный период загрузки.

Для того чтобы учесть, как взаимное влияние соседних шпал отражается на работе пути в целом, принята расчетная схема (рис. 2), где рельс считается балкой, лежащей на пяти упруго-оседающих опорах. Внешняя нагрузка приложена над средней опорой.

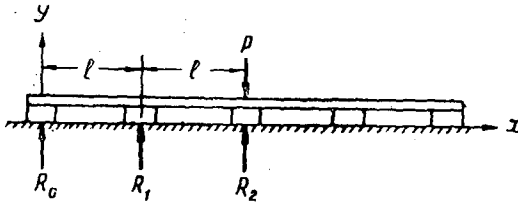


Рис. 2.

Полагая, что на рассматриваемую шпалу воздействуют только две смежные, получим следующие выражения для осадок шпал:

$$\text{шпала № 0} \quad y_0 = -\frac{R_0}{D} - \omega R_1 \quad (1)$$

$$\text{шпала № 1} \quad y_1 = -\frac{R_1}{D} - \omega R_0 - \omega R_2 \quad (2)$$

$$\text{шпала № 2} \quad y_2 = -\frac{R_2}{D} - 2\omega R_1, \quad (3)$$

где  $R_0$ ;  $R_1$  и  $R_2$  — реакции опор (шпал), кг;

$D$  — величина, характеризующая упругость шпалы и основания, кг/см;

$\omega$  — прирост осадки из-за взаимного действия шпал друг на друга, см/кг.

Если пренебречь прогибом, обусловленным касательными напряжениями, уравнение упругой линии балки согласно [2] примет вид

$$y = y_0 + \varphi_0 x + \frac{1}{6EI} \sum_v N_v (x - a_v)^3 \quad (4)$$

здесь  $y_0$  и  $\varphi_0$  — начальные параметры;

$EI$  — жесткость рельса;

$N_v$  — сосредоточенная сила (реакции опор), приложенная левее рассматриваемого сечения  $x$ , на расстоянии  $a_v$  от левой опоры.

Исходя из уравнения (4) и выражений (1) и (2), для шпалы № 1 получим

$$-\frac{R_1}{D} - \omega R_0 - \omega R_2 = -\frac{R_0}{D} - \omega R_1 + \varphi_0 l + \frac{1}{6EI} R_0 l^3.$$

После умножения обеих частей на  $\frac{6EI}{l^3}$  это уравнение примет вид

$$-R_1 (\gamma - \gamma') - R_0 (1 + \gamma' + \gamma) - \gamma' R_2 = \varphi_0 \frac{6EI}{l^2}, \quad (5)$$

где  $\gamma = \frac{6EI}{l^3 D}$  и  $\gamma' = \frac{6EI}{l^3} \omega$ .

Из уравнения (4) и выражений (1) и (3) для шпалы № 2 таким же образом получим

$$-R_2\gamma - R_1(1 + \gamma') - R_0(8 - \gamma) = \varphi_0 \frac{12EI}{l^2}. \quad (6)$$

Угол наклона касательной к изогнутой оси балки

$$\varphi = \frac{dy}{dx} = \varphi_0 + \frac{1}{2EI} \sum_v N_v (x - a_v)^2.$$

В наших условиях при  $x = 2l$   $\varphi = 0$  и следовательно

$$\varphi_0 + \frac{1}{2EI} (R_0 4l^2 + R_1 l^2) = 0.$$

Откуда

$$\varphi_0 = - \frac{R_0 4l^2 + R_1 l^2}{2EI}. \quad (7)$$

Подставляя вместо  $\varphi_0$  его значение в уравнения (5) и (6), найдем два уравнения

$$\left. \begin{aligned} R_0(11 + \gamma - \gamma') + R_1(3 - \gamma + \gamma') &= \gamma' R_2 \\ R_0(16 + \gamma) + R_1(5 - \gamma') &= \gamma R_2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Недостающее третье уравнение получим из условия равновесия

$$2R_0 + 2R_1 + R_2 = P. \quad (9)$$

Решение системы уравнений (8) и (9) приводит к формулам

$$R_0 = P \frac{\gamma^2 - 3\gamma + 5\gamma' - \gamma\gamma' - (\gamma')^2}{7 + 34\gamma + 5\gamma^2 - 54\gamma' - 8\gamma\gamma' - (\gamma')^2}. \quad (10)$$

$$R_1 = P \frac{11\gamma + \gamma^2 - 16\gamma' - 2\gamma\gamma'}{7 + 34\gamma + 5\gamma^2 - 54\gamma' - 8\gamma\gamma' - (\gamma')^2}. \quad (11)$$

$$R_2 = P \frac{7 + 18\gamma + \gamma^2 - 32\gamma' - 2\gamma\gamma' + (\gamma')^2}{7 + 34\gamma + 5\gamma^2 - 54\gamma' - 8\gamma\gamma' - (\gamma')^2}. \quad (12)$$

Если положить  $\gamma' = 0$ , то получим известные выражения для реакции балки на пяти упруго оседающих опорах.

Для шпалы № 2 на основании (3) \* справедливо равенство

$$\frac{y_2}{P} \cdot \frac{6EI}{l^3} = R_2\gamma + 2\gamma'R_1,$$

откуда

$$\frac{y_2}{P} \cdot \frac{6EI}{l^3} = \frac{7\gamma + 18\gamma^2 + \gamma^3 - 10\gamma\gamma' - 32(\gamma')^2 - 3\gamma(\gamma')^2}{7 + 34\gamma + 5\gamma^2 - 54\gamma' - 8\gamma\gamma' - (\gamma')^2}. \quad (13)$$

Для рельсов Р18 с учетом экспериментально полученных величин (см. табл. 1) при расстоянии между шпалами 51 см

$$\frac{6EI}{l^3} = 22,8 \cdot 10^3; \quad \gamma' = \frac{6EI}{l^3} w = 22,8 \cdot 10^3 \cdot 0,94 \cdot 10^{-4} = 2,14;$$

при расстоянии между шпалами 68 см

$$\frac{6EI}{l^3} = 9,6 \cdot 10^3; \quad \gamma' = 9,6 \cdot 10^3 \cdot 0,46 \cdot 10^{-4} = 0,442.$$

\* Знаки минус изменены на плюс.



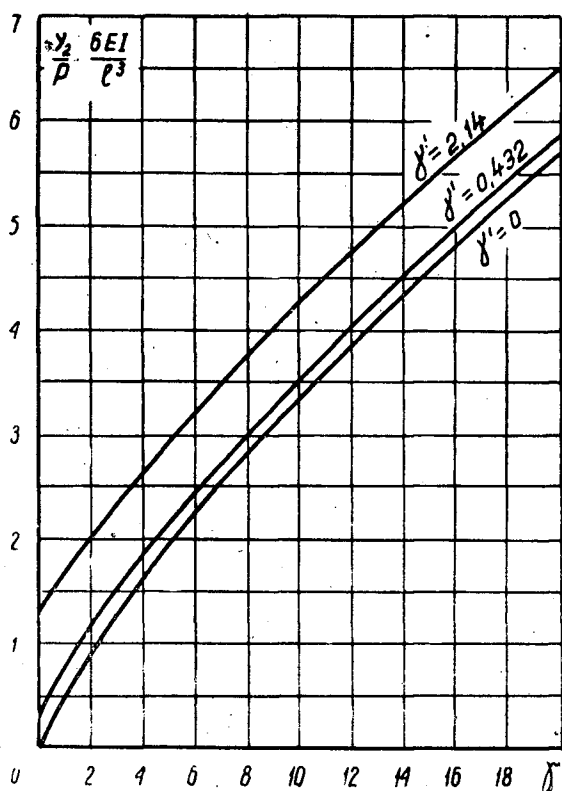


Рис. 3.

По формуле (13) подсчитана величина  $\frac{y_2}{P} \cdot \frac{6EI}{l^3}$  для различных значений  $\gamma$  и двух значений  $\gamma'$ .

Результаты приведены в табл. 2 и показаны на графике (рис. 3).

Таблица 2.

$\gamma$	Величина $\frac{y_2}{P} \cdot \frac{6EI}{l^3}$ при $\gamma'$ равном		
	0	2,14	0,442
1	0,565	1,71	0,795
3	1,36	2,44	1,57
5	2,02	2,98	2,22
8	2,87	3,77	3,06
12	3,88	4,73	4,05
15	4,58	5,42	4,75
20	5,71	6,57	5,88

Для проверки предлагаемого метода расчета было построено звено узкоколейного пути на том же основании, на котором испытывались одиночные шпалы.

Эксперименты проводились при расстоянии между шпалами 51 и 68 см. Осадки рельсов измерялись при действии одиночной статической

нагрузки. Средние из измеренных величин осадок рельсов для трех различных шпал даны в табл. 3.

Таблица 3

Усилие на рельс, <i>m</i>	<i>l</i> =51 см		<i>l</i> =68 см	
	средняя осадка рельса, мм	$\Delta$ мм/500 кг	средняя осадка рельса, мм	$\Delta$ мм/500 кг
0,5	1,02	1,15	1,46	1,17
1,0	2,17	1,17	2,63	1,22
1,5	3,34	1,15	3,85	1,24
2,0	4,49		5,09	
Среднее		1,16		1,21

Теоретический расчет будет соответствовать эксперименту, если с изменением расстояния между шпалами характеристики упругости шпалы и основания  $D$  будут оставаться практически постоянными.

Из опытов, при расстоянии между шпалами 51 см, величина  $\frac{y_2}{P} \frac{6EI}{l^3} = 5,28$ , при этом, согласно рис. 3  $\gamma = 14,4$  и  $D = 1580$  кг/см.

Соответственно, для расстояния между шпалами 68 см

$$\frac{y_2}{P} \frac{6EI}{l^3} = 2,32; \quad \gamma = 5,4 \text{ и } D = 1775 \text{ кг/см.}$$

При определении  $\gamma$  по графику (рис. 3), для расстояния между шпалами 51 см надо пользоваться кривой, соответствующей  $\gamma' = 2,14$ ; а для расстояния 68 см  $\gamma' = 0,432$ .

Расхождение величины  $D$  составляет 12,2%. Следует иметь в виду, что в процессе опыта две шпалы из трех передвигаются. Для той шпалы, которая при изменении расстояния между шпалами оставалась на месте, величина  $D$  оказалась равной 1700 кг/см ( $l = 51$  см) и 1770 кг/см ( $l = 68$  см), что дает расхождение 4,1%.

Таким образом, экспериментальные данные вполне удовлетворительно согласовываются с теоретическим расчетом. Если бы расчет велся без учета распределяющих свойств основания, то (полагая  $\gamma' = 0$ ) получилось бы в первом случае  $D = 1230$  кг/см, а во втором  $D = 1600$  кг/см, то есть расхождение составило бы 30%.

С целью выявления степеней взаимного влияния соседних шпал на просадки на торфяном основании без песчаного слоя были проведены опыты с одиночными шпалами по описанной выше методике. Толщина торфяной залежи 2,3 м. Характеристика торфа была указана выше. Испытывались брусковые шпалы с поперечным сечением  $16 \times 12$  см и длиной 1,5; 2,0 и 3,0 м, а также круглые диаметром 18,5—19,5 см, длиной 1,5; 2,5 и 3,0 м. При испытании двух шпал расстояние между ними было принято 35; 50 и 65 см. В результате указанных опытов установлено:

1) коэффициент изгиба как для брусковых, так и для круглых шпал при совместном испытании двух шпал с изменением расстояния между ними остается постоянным, равным коэффициенту изгиба одиночной шпалы;

2) влияние смежных шпал на осадку наблюдается только при расстоянии между шпалами в 35 см; при большем расстоянии влияние соседних шпал не сказывается.

Средние из измеренных осадок в мм на 250 кг нагрузки при  $l = 35$  см даны в табл. 4.

Таблица 4

Длина шпал	Одиночная шпала	Две шпалы $l=35$ см	Увеличение осадки, мм	$W$ , см/кг
Брусковые шпалы				
1,5	9,80	10,15	0,35	$0,14 \cdot 10^{-3}$
2,0	7,25	7,74	0,49	$0,196 \cdot 10^{-3}$
3,0	4,22	4,72	0,50	$0,20 \cdot 10^{-3}$
Круглые шпалы				
2,0	6,47	7,23	0,56	$0,22 \cdot 10^{-3}$
2,5	4,82	5,78	0,96	$0,38 \cdot 10^{-3}$
3,0	4,54	4,82	0,26	$0,10 \cdot 10^{-3}$

Для круглых шпал длиной 1,5 м увеличение просадки по причине совместного их влияния не выявлено.

Результаты экспериментов подтверждают вывод И. И. Черкасова о том, что чем относительно больше остаточная деформация, тем на меньшее расстояние распространяется действие осадки штампа. Осадка шпал, уложенных непосредственно на торфяном основании, имеет в основном местный характер, и верхнее строение железнодорожного пути в этом случае следует рассчитывать по модели Винклера\*, не принимая во внимание влияния соседних шпал. При наличии же песчаного слоя поверх торфа основание приобретает распределяющее свойство. Учет влияния последнего, при действии одиночной нагрузки может быть выполнен методом, предложенным в настоящей работе.

\* Это, конечно, не означает, что во всех других случаях следует применять другую расчетную схему. Здесь сопоставляются два вида основания, и выводы относятся только к ним.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Е. Алексеев. «К вопросу о работе балластного слоя». 15-й сборник института реконструкции пути НКПС, 1933. [2]. Ш. Е. Микеладзе. Некоторые задачи строительной механики. Гостехиздат, 1948. [3]. И. И. Черкасов. Механические свойства грунтовых оснований. Автотрансиздат, 1958.

Поступила в редакцию  
12 марта 1959 г.

## ОПЫТНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ БРЕВЕН У СОРТИРОВОЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ

В. Г. НЕСТЕРЕНКО

Доцент

(Уральский лесотехнический институт)

Опытное внедрение полуавтоматической сортировки бревен на нижнем складе Карпунинского леспромхоза Свердловского совнархоза показало, что формирование в пачки сброшенных с транспортера бревен требует значительных затрат ручного труда. Это обстоятельство явилось основной причиной неудовлетворительной работы нижних складов, оборудованных транспортерами с полуавтоматическими сбрасывателями.

В целях изыскания рациональных способов формирования бревен в пачки в Карпунинском леспромхозе были поставлены специальные опыты. Была разработана конструкция самопрокидывающихся приемников (накопителей), образцы которых изготовлены в центральных ремонтно-механических мастерских треста «Алапаевсклес».

Приемник состоит из двух одинаковых поворотных люлек. На рис. 1 показана конструкция такой люльки. Основной ее частью является собственно полукруглая люлька 1, изготовленная из швеллера № 12. Снизу люльки 1 приварены две косынки 2 из листовой стали. Между косынками приварена втулка (отрезок трубы) 3. В трубу 3, а также в отверстия в скользях 4 вставлена ось люльки 5. Каждый из двух скользях 4 своими прорезями охватывает две направляющие стойки 6, изготовленные из швеллера № 8. Стойки 6 приварены к опорной плите 7 из листовой стали (толщиной 16—18 мм). Кроме того, к стойкам 6 и опорной плите 7 дополнительно приварены ребра жесткости 8.

В каждый скользях 4 ввертывается направляющий стержень 9. Нижний конец направляющего стержня 9 вставляется в отверстие, просверленное в опорной плите 7. На направляющий стержень 9 надета пружина 10, одним концом опирающаяся на опорную плиту 7, а другим — на скользях 4. Пружины предназначены для восприятия ударных нагрузок, возникающих при падении бревен в приемник. В целях предотвращения обратного выбрасывания люлек из направляющих стоек под действием потенциальной энергии пружины, сжатой от удара, на ее свободный нижний конец надет резиновый амортизатор 11, опирающийся сверху на опорную плиту 7, а снизу — на шайбу 12.

В выполненном варианте цилиндрические винтовые пружины были заменены имевшимися в ремонтно-механических мастерских спиральными пружинами из полосовой стали от упряжных приборов узкоколейных железнодорожных вагонов.

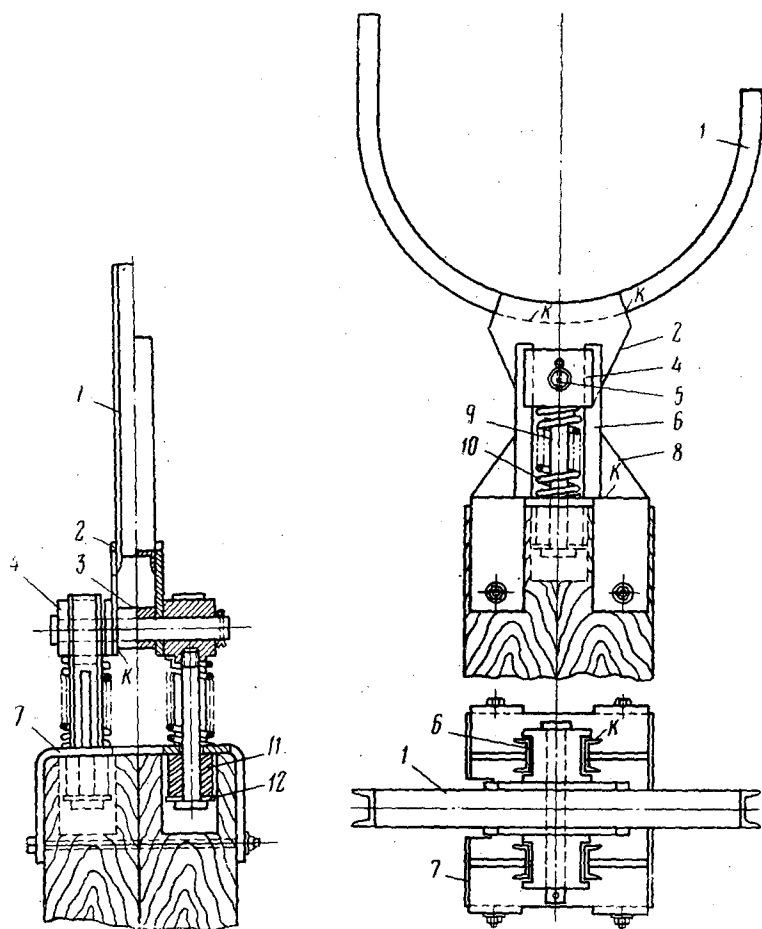


Рис. 1.

На рис. 2 показан общий вид приемника, смонтированного на нижнем складе Карпунинского леспромхоза у сортировочного транспортера, оборудованного автоматическими сбрасывателями типа ВКФ. Как видно из рисунка, обе поворотные люльки соединены приваренной к ним поперечной балкой длиной 2,5 м. Для обеспечения необходимой жесткости сварная балка выполнена из швеллера № 10, усиленного рельсом типа 18 кг/пог. м (расстояние между люльками равнялось 2,5 м, так как большинство заготавливаемых в Карпунинском леспромхозе сортиментов имеет длину 4,0—4,5 м). На рис. 3, а показана схема установки приемника, по которой был произведен его монтаж. На схеме даны отметки отдельных частей транспортера, приемника и покатов, принятые в соответствии с фактической высотой транспортера в Карпунинском леспромхозе. Одновременно в скобках даны желательные отметки, которые обеспечили бы оптимальный режим работы всей установки в целом (приведенные отметки не учитывают осадки пружин в процессе загрузки приемников бревнами). Приемник своей поперечной балкой, соединяющей обе люльки, опирается на детали эстакады транспортера и находится в положении, близком к положению неустойчивого равновесия. В этом положении приемник удерживается цепочкой 1, один конец которой прикреплен к середине поперечной балки приемника, а второй —

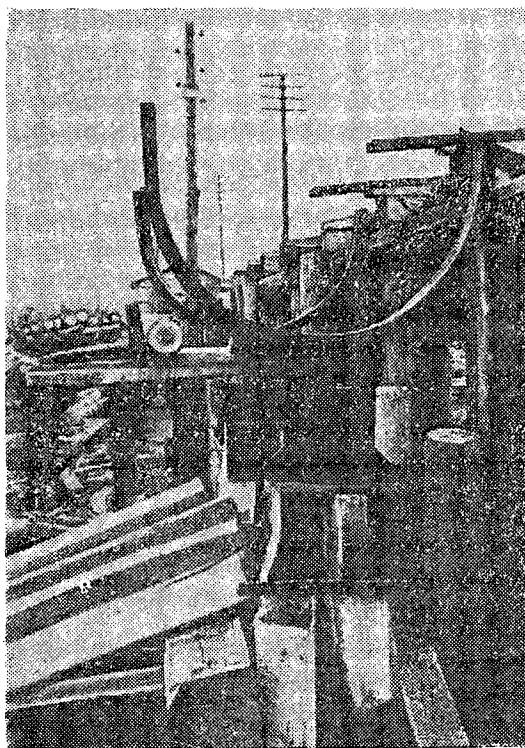


Рис. 2.

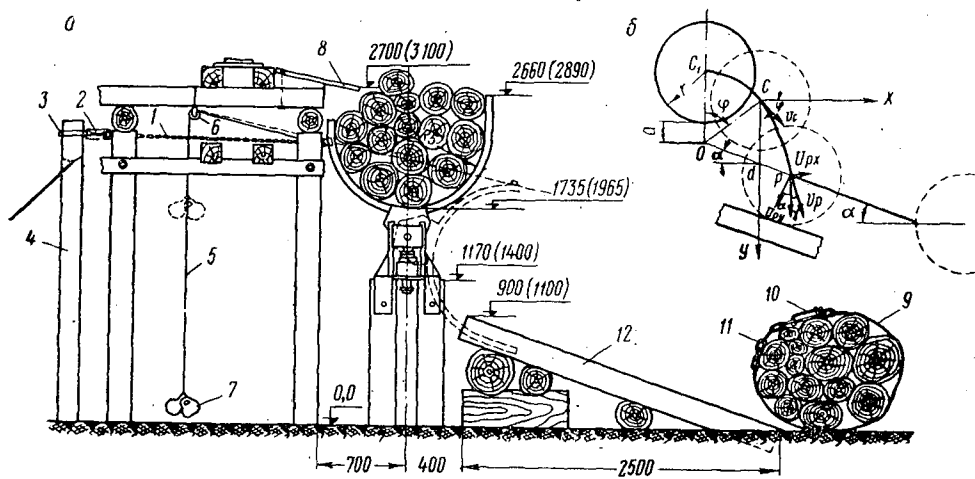


Рис. 3.

в полуавтоматическому замку 2. В опытной установке использован полуавтоматический стоечный замок от автомобильных однополосных саней АОС-6. Замок 2 прикреплен к хомуту 3, надетому на мачту 4. Мачта закреплена растяжками. К цепочке 1 привязан отрезок резинового шланга от пильного электрокабеля (на рисунке не показан). Этот отрезок слу-

жит для возвращения цепочки *I* в рабочее положение после разгрузки приемника. К середине поперечной балки прикреплен также трос *5*, огибающий блок *6*. К тросу *5* подвешен груз (противовес) *7*, служащий для возвращения приемника после его разгрузки в вертикальное положение. Бревна в приемник скатывались по коротким покатам *8*, изготовленным из швеллера № 10 и прикрепленным болтом к деревянным деталям эстакады транспортера. Сформированные пачки бревен стягиваются тросом *9*, на одном конце которого имеется рычажный замок *10*, а на другом — несколько звеньев цепи *11*. Такая конструкция тросовых увязок позволяет прочно скреплять пачки, объем которых в известных пределах меняется. При опытах были использованы рычажные замки, массовое изготовление которых ведется (главным образом для нужд сплава) на Свердловском механическом заводе Управления лесной промышленности Свердловского совнархоза. Скатывание пачек производилось по покатам *12*. Угол наклона покатов к горизонту составляет 20—22°.

Для исследования траектории движения центра тяжести пачки в процессе работы приемника введены следующие обозначения (рис. 3, б): *r* — радиус пачки, *a* — расстояние от оси вращения приемника до пачки,  $\varphi$  — угол, при котором происходит отрыв пачки от приемника,  $v_c$  — скорость пачки в момент ее отрыва от приемника, *m* — масса пачки, *g* — ускорение силы тяжести,  $\omega$  — угловая скорость приемника в момент отрыва пачки, *I* — момент инерции пачки относительно оси вращения приемника,  $\alpha$  — угол наклона покатов к горизонту.

Отделение пачки от приемника происходит в момент, когда составляющая веса пачки по прямой *OC* будет равна величине центробежной силы пачки относительно оси вращения, то есть

$$mg \cos \varphi = \frac{mV_c^2}{a+r}. \quad (1)$$

С другой стороны, кинетическая энергия пачки в момент ее отрыва будет равна работе силы тяжести на пути  $(a+r)(1-\cos \varphi)$  (силой трения в подшипниках пренебрегаем):

$$\frac{I\omega^2}{2} = mg(a+r)(1-\cos \varphi). \quad (2)$$

Из формулы (1) можно определить значение  $\cos \varphi$ , выразив  $V_c$  через угловую скорость  $\omega(a+r)$ ,

$$\cos \varphi = \frac{\omega^2(a+r)}{g}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (2) найденное значение  $\cos \varphi$  и значение момента инерции  $I = \frac{mr^2}{2} + m(a+r)^2$ , получим

$$\left[ \frac{mr^2}{2} + m(a+r)^2 \right] \frac{\omega^2}{2} = mg(a+r) - m\omega^2(a+r)^2.$$

Отсюда

$$\omega = \sqrt{\frac{4g(a+r)}{r^2 + 6(a+r)^2}}. \quad (4)$$

Подставляя в формулу (3) найденное значение  $\omega$ , получим

$$\cos \varphi = \frac{\omega^2(a+r)}{g} = \frac{4(a+r)^2}{r^2 + 6(a+r)^2}.$$

откуда

$$\varphi = \arccos \frac{4(a+r)^2}{r^2 + 6(a+r)^2} \quad (5)$$

Положение центра тяжести пачки в момент ее отрыва от приемника примем за начало координат. Тогда движение пачки после ее отрыва будет определяться в параметрической форме следующими уравнениями:

$$x = V_c \cos \varphi t, \quad (6)$$

$$y = V_c \sin \varphi t + \frac{gt^2}{2}, \quad (7)$$

где  $t$  — время движения пачки.

Решая совместно уравнения (6) и (7) и исключая  $t$ , получим уравнение траектории движения пачки:

$$y = x \operatorname{tg} \varphi + \frac{gx^2}{2V_c^2 \cos^2 \varphi}. \quad (8)$$

По этой траектории пачка будет двигаться до встречи в точке  $P$  с наклонной плоскостью, образуемой покатами. В дальнейшем траектория движения центра тяжести пачки будет прямой, уравнение которой имеет следующий вид:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha + b, \quad (9)$$

где  $b$  (отрезок  $Cd$ ), определим из треугольника  $OCd$

$$b = \frac{(a+r) \sin(90 - \varphi + \alpha)}{\sin(90 - \alpha)}.$$

Решая совместно уравнения (8) и (9), определим координаты точки  $P$

$$y_p = \frac{n \pm \sqrt{n^2 - 4ac}}{2a},$$

где

$$n = 2bg + 2V_c^2 \cos^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \alpha - 2V_c^2 \cos^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \alpha$$

$$a = -g$$

$$c = b(2V_c^2 \cos^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \alpha - gb).$$

Из уравнения (9) найдем  $x_p = \frac{y_p - b}{\operatorname{tg} \alpha}$ .

При встрече падающей пачки бревен с наклонными покатами происходит удар. Кинетическая энергия, соответствующая нормальной составляющей скорости  $V_p \cos(\alpha + \gamma)$ , расходуется на упругие деформации деталей конструкции покатов и основания. Угол наклона покатов  $\alpha$  практически равен углу трения пачки бревен о покаты. Поэтому кинетическая энергия, соответствующая горизонтальной составляющей скорости  $V_{px}$ , расходуется на преодоление сил трения при дальнейшем горизонтальном перемещении пачки.

Значение скорости  $V_p$  определится из уравнения

$$V_p = \sqrt{V_{px}^2 + V_{py}^2},$$



где

$$V_{px} = V_c \cos \varphi$$

$$V_{py} = V_c \sin \varphi + gt.$$

Время  $t$  может быть определено, например, из формулы

$$t = \frac{x_p}{V_c \cos \varphi}.$$

Ниже приведены результаты расчета некоторых элементов траектории движения и скоростей пачки, выполненные для опытной конструкции. Исходные данные:  $\alpha = 20^\circ$ ;  $r = 0,625$  м,  $a = 0,220$  м,  $g = 9,81$  м/сек<sup>2</sup>. При этом  $\varphi = 52^\circ 10'$ .

$$b = \frac{(0,625 + 0,220) \sin 57^\circ 50'}{\sin 70^\circ} = 0,760 \text{ м};$$

$$\omega = 2,67 \frac{1}{\text{сек}}, \quad V_c = 2,26 \text{ м/сек}, \quad y_p = 0,89 \text{ м};$$

$$x_p = 0,41 \text{ м}, \quad V_p = 4,92 \text{ м/сек}; \quad \gamma = \arccos \frac{V_{py}}{V_p} = \arccos \frac{4,72}{4,92} = 16^\circ 40',$$

Горизонтальный путь  $S$ , который пройдет пачка, определяется из уравнения  $\frac{mV_{px}^2}{2} = mgWS$ , где  $W$  — коэффициент трения пачки о слеги.

Отсюда  $S = \frac{V_{px}^2}{2gW}$ . При  $W = 0,20$  (мокрые слеги)  $S = 0,5$  м.

Опытный образец приемника был подвергнут испытаниям в Карпунинском леспромхозе летом 1958 г. Пачки формировались из дровяных бревен, диаметр которых достигал 60 см. Сформированными в приемнике пачками бревен было погружено два четырехосных вагона.

Проведенные опыты позволили сделать следующие выводы:

1. Полукруглая форма приемников дает возможность формировать пачки при минимальных затратах ручного труда. Даже дровяные бревна, скатываемые как сегментными сбрасывателями, так и вручную, укладывались в приемнике, как правило, параллельно одно другому.

2. Крепление пачек увязками быстро и безопасно может производиться с эстакады и со специальных подмостков, установленных на земле. Ручные операции по увязке пачки занимают не более одной минуты.

3. После открытия полуавтоматического замка приемник с пачкой мгновенно опрокидывается и разгружается, а затем с помощью противовеса так же быстро возвращается в вертикальное положение.

4. Разгруженные пачки скатываются по покатам и остаются параллельными продольной оси сортировочного транспортера.

Основное преимущество саморазгружающихся приемников состоит в том, что они позволяют в течение длительного времени вести сортировку леса без отрыва от погрузки вагонов кранового оборудования нижнего склада (для штабелевки).

Наибольший эффект саморазгружающиеся приемники дадут в сочетании с контейнерной штабелевкой и погрузкой леса. В этом случае бревна (2—3-дневный запас) должны храниться в пачках и освобождаться от увязок после погрузки в вагоны.

Как показали опыты, объем пачки должен соответствовать грузоподъемности кранового оборудования нижних складов. Опыты производились с пачками из бревен длиной 4,0 м и объемом 2,5—3,0 м<sup>3</sup>. В то же время основными механизмами на нижнем складе Карпунинского лес-

промхоза являются краны грузоподъемностью 5—6 м<sup>3</sup>. В результате этого возникла необходимость переформирования пачек, что резко снижало эффект применения приемников.

Наиболее целесообразное применение приемники найдут на тех складах, где в качестве погрузочного оборудования применяются лебедки и стреловые краны и где преобладают длинномерные сортаменты (5,5—6,5 м). В этом случае объем пачек будет 4,0—5,0 м<sup>3</sup>. Опыты показали, что для крепления блоков от противовеса и фиксации приемников в вертикальном положении лучше всего применить специальную деревянную конструкцию, не связанную с деталями эстакады транспортера.

---

Поступила в редакцию  
27 декабря 1958 г.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДВОЗКИ ЛЕСА ГУСЕНИЧНЫМИ МАШИНАМИ

А. А. ФЕДОРОВ

Научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

При рассмотрении трелевки\* леса как транспортного процесса необходимо учитывать не только эксплуатационно-технологические соображения, но и энергозатраты. Задачей дальнейшего совершенствования трелевки являются поиски наиболее выгодных методов транспортирования леса, позволяющих снижать энергозатраты как на перемещение древесины, так и на передвижение самих транспортных средств.

При трелевке леса гусеничными машинами энергия расходуется на преодоление различного рода сопротивлений, возникающих в передаточных и рабочих органах и связанных с выполнением полезной работы по перемещению древесины. Исходя из этого, суммарная мощность, расходуемая в процессе трелевки, может быть представлена двумя частями

$$N_e = N_c + N_{хл}$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя;

$N_c$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления в передаточных и рабочих органах машины;

$N_{хл}$  — мощность, затрачиваемая на полезную работу по перемещению хлыстов.

Известно, что первая часть мощности расходуется в трансмиссии  $N_{тр}$  и гусенице  $N_{го}$ , на прессование почвы  $N_{п}$ , буксирование  $N_{б}$ , подъем  $N_{н}$  и разгон машины  $N_j$  то есть

$$N_c = N_{тр} + N_{го} + N_{п} + N_{б} + N_{н} + N_j.$$

По данным исследований сельскохозяйственных тракторов [4], поглощение мощности в трансмиссии и зацеплении гусениц с ведущими колесами зависит главным образом от конструктивно-технологического совершенства отдельных узлов и только косвенным образом от характера использования самого трактора. Величины мощностей  $N_{го}$ ,  $N_{п}$  и  $N_{б}$ , расходование которых связано с работой ходовой системы, зависят не только от ее конструкции, но также от дорожных условий и характера воздействия на трактор внешних сил со стороны транспортируемого груза. Считая мощности на подъем и разгон машины возвратными, в

\* В тексте принято именовать перемещение хлыстов при наличии волочения — трелевкой, при отсутствии волочения — подвозкой.

целом они могут быть определены по разности мощностей, подводимых к гусеницам и затрачиваемых на полезную работу. Об относительной их величине можно судить по ходовой системе ( $N_{x.c}$ ), причем

$$N_{x.c} = N_{го} + N_{п} + N_{б} = N_{к} - (N_{хл}^B + N_{хл}^{TP})$$

и

$$\eta_{x.c} = \frac{N_{хл}}{N_{к}} = \frac{N_{хл}^B + N_{хл}^{TP}}{N_{хл}^B + N_{хл}^{TP} + N_{го} + N_{п} + N_{б}},$$

где  $N_{к}$  — мощность, подводимая к гусеницам;  
 $N_{хл}^B$  — мощность, расходуемая на перемещение волочащейся части хлыстов;  
 $N_{хл}^{TP}$  — мощность, расходуемая на перемещение части веса хлыстов, лежащих на тракторе.

В связи с отсутствием экспериментальных данных о влиянии конструктивных и экспериментальных факторов на к. п. д. ходовой системы трелевочных тракторов, о последнем можно судить из анализа его составляющих. В частности, потери мощности в гусеничном обводе можно определить по данным А. С. Антонова [2] из уравнения

$$\eta_{го} = \frac{1}{1 + \frac{\mu r_{ш}}{R_0} \sum \frac{P_i}{R_i} + c \frac{GzV_0^2}{8gR_0} \sum \frac{1}{R_i^2}}$$

где  $\mu$  — коэффициент трения в шарнирах гусеницы;  
 $r_{ш}$  — радиус шарнира;  
 $z$  — шаг гусеничной цепи;  
 $P_i$  — натяжение в дуговых ветвях гусеницы;  
 $G$  — вес гусеничного звена;  
 $c$  — масса, учитывающая удар звеньев об обвод колеса;  
 $V_0$  — относительная скорость движения обвода;  
 $g$  — ускорение силы тяжести.

В знаменателе этого уравнения первым многочленом определяются потери мощности на трение в шарнирах гусеничной цепи, зависящие от коэффициента трения и растягивающего усилия в обводе. Вторым многочленом определяются потери мощности на удар звеньев об обвод колеса, зависящие главным образом от скорости движения машины.

Из опыта эксплуатации гусеничных тракторов известно, что на трение в шарнирах гусениц большое влияние оказывает абразивное воздействие твердых частиц почвы. Почвы лесосек в большинстве случаев представляют собой неоднородный комплекс, состоящий из живого растительного покрова, омертвевшего подстилающего слоя и основания минерального происхождения. Несущая способность двух верхних слоев слабее основания. Абразивное воздействие минеральных частиц почвы будет зависеть от степени разрушения гусеницами растительного покрова, более прочного в сравнении с подстилкой. Интенсивное разрушение почвы, обычно происходящее при движении трелевочных тракторов с грузом, объясняется слабыми несущими способностями этих почв и большим удельным давлением гусениц. Последнее обуславливается в значительной мере неравномерным давлением опорных катков на гусеницу вследствие специфического воздействия на трактор сил от транспортируемых хлыстов.

Кроме дополнительных потерь мощности на трение в шарнирах гусениц, разрушение почвы ведет к увеличенному расходованию мощно-

сти на образование колеи, глубина которой определяется давлением наиболее нагруженных катков. Так как прессование грунта гусеницами шириной  $B$  и длиной опорной части  $L$  определяется удельным давлением на грунт  $q$  и глубиной колеи  $h$ , то, подставляя в уравнение работы по прессованию почвы  $P \cdot L = 2 (0,5 qhF)$  соответствующие величины, включающие вес машины  $G$ , вес транспортируемого на конике трактора груза  $Q_{хл}^{тп}$  и показатель несущей способности грунта  $q_0$ ,

$$q = \frac{G + Q_{хл}^{тп}}{2BL}, \quad h = \frac{q}{q_0} \text{ и } F = BL.$$

После преобразования получим:

$$P = \frac{q}{2q_0L} (G + Q_{хл}^{тп}),$$

где отношение  $\frac{q}{2q_0L}$  представляет собой коэффициент, характеризующий потери на прессование почвы, который (в условиях данного грунта) возрастает пропорционально удельному давлению и снижается по мере увеличения опорной длины гусениц. Неравномерное давление гусениц на грунт также способствует буксованию, расход мощности на которое при одинаковом увеличении касательной силы тяги будет расти быстрее, чем при равномерном давлении гусениц на грунт.

Учитывая скоростные показатели в едином параметре — тяговом к.п.д. трактора — по уравнению

$$\eta_{тяг} = \frac{N_e - N_e(1 - \eta_{тг}) - N_e \eta_{тг} \delta}{N_e} - \frac{GtV}{N_e}$$

найдем, что он растет с повышением к.п.д. трансмиссии и зацепления ведущих колес с гусеницей  $\eta_{тг}$ , а также с уменьшением буксования  $\delta$ . Тяговый к.п.д. понижается с ростом удельной металлоемкости трактора  $\frac{G}{N_e}$  и увеличением коэффициента  $f$ , характеризующего работу гусениц по прессованию почвы. Можно полагать, что вследствие неравномерного давления гусениц на грунт, а также высокой металлоемкости трелевочных тракторов значение тягового к.п.д. этих тракторов будет пониженным\*. Следует учитывать, что даже небольшое увеличение тягового к.п.д. у большого числа работающих в лесу тракторов может дать значительный производственный эффект. В области трелевки важным вопросом также является увеличение скоростей движения, находящихся в настоящее время на уровне скоростей применявшейся ранее гужевой тяги. Согласно уравнению, тяговый к.п.д. с ростом скорости падает вследствие увеличения потерь на самопередвижение. Одним из возможных путей сохранения высокого тягового к.п.д. для сельскохозяйственных тракторов, работающих на повышенных скоростях, считается снижение их удельного веса [6]. Для трелевочных тракторов снижение удельного веса, так же как и увеличение мощности при том же весе, существенно ограничено увеличением буксования, а в отдельных случаях и потерей способности реализовать силу тяги. Таким образом, при существующих методах трелевки возможности снижения потерь мощности на самопередвижение существенным образом ограничивается самим характером использования трелевочных тракторов. Повышение эффективности использования на обычных и повышенных скоростях неразрывно

\* По данным специалистов Подкомитета лесозаготовок, тяговый к.п.д. тракторов, работающих в лесу, следует считать ниже на 10—20% [3].

связано с дальнейшим совершенствованием принципов технологии транспортирования длинномерных грузов — хлыстов с параллельным улучшением конструкции машин, создаваемых для этих целей.

\* \* \*

Особенностью современных методов трелевки хлыстов является частичное их волочение по поверхности пути. Сопротивление волочению хлыстов, колеблющееся в пределах 500—800 кг/т летом и 250—500 кг/т — зимой, определяется тем, что трелевка представляет собой сложный трудноулучшаемый процесс чистого трения и активного механического воздействия ствола, сучьев и веток на верхние слои почвенного покрова. В связи с этим в конструкциях современных трелевочных тракторов и машин проявляется тенденция к снижению части веса хлыстов, перемещаемых волочением, что подтверждается опытными данными по взвешиванию хлыстов, приведенными ниже.

Таблица 1

Тип машины	Часть веса волочащихся хлыстов в %	Положение хлыстов
С-80 . . . . .	100	Вершиной или комлем вперед
КТ-12 . . . . .	65—60*	Вершиной вперед
ТДТ-40 . . . . .	менее 45	Комлем вперед
ТДТ-60 . . . . .	около 40	"
ВТМ ЛТА-ЦНИИМЭ	40—35 и менее*	"

\* По данным И. П. Аболя [1]

При подвозке хлыстов полупогруженным способом мощность на передвижение хлыстов будет определяться соотношением в распределении веса хлыстов на машине и волоке, а также величинами сопротивления движению хлыстов и машины

$$N_{хл} = N_{хл}^в + N_{хл}^{тр} = \frac{V}{270} (Q_{хл}^в \cdot \omega + Q_{хл}^{тр} \cdot f_0).$$

По мере уменьшения части веса волочащихся хлыстов, перемещаемых с большими сопротивлениями движению, будет снижаться суммарная величина мощности.

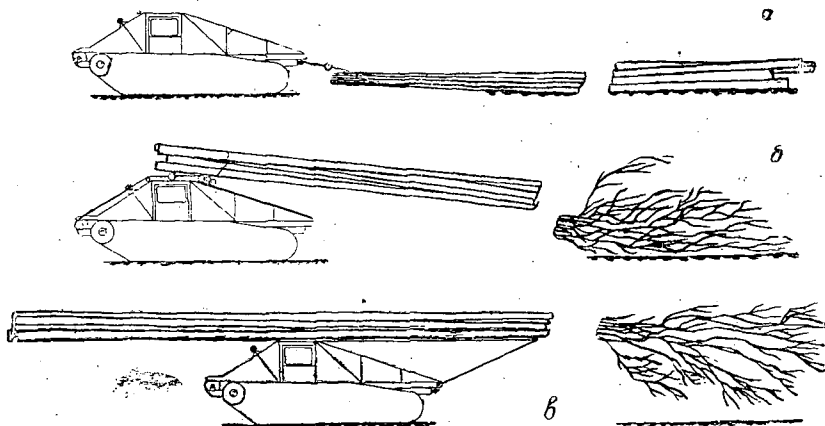


Рис. 1. Принципиальные схемы трелевки и подвозки:  
а — волоком; б — в полупогруженном состоянии; в — без волочения.

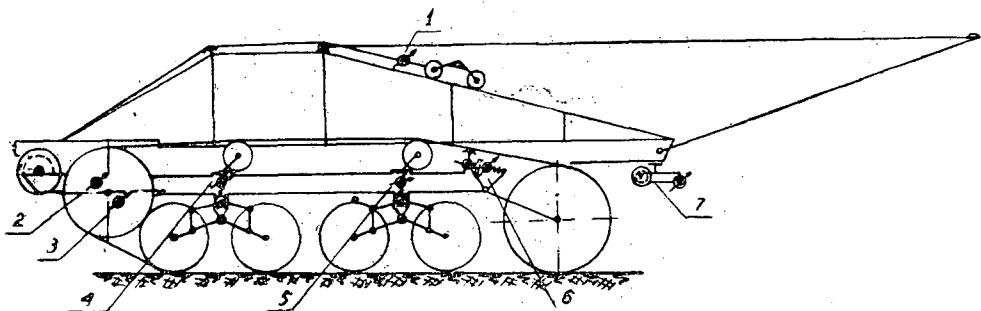


Рис. 2. Схема экспериментальной машины с измерительной аппаратурой.

1 — силовое звено на 15000 кг; 2 — датчик крутящего момента с токосъемником; 3 — отметчик оборотов ведущих колес; 4 — датчик передней подвески; 5 — датчик средней подвески; 6 — датчик задней подвески; 7 — отметчик пути.

При  $Q_{хл}^B \neq 0$  необходимая мощность будет определяться суммарным весом машины с хлыстами и сопротивлением движению машины, которое в худшем случае в несколько раз меньше сопротивления волочению хлыстов.

Нами были проведены в производственных условиях Волосовского леспромхоза треста «Ленлес» в период осени и зимы 1957/58 г. экспериментальные исследования различных методов транспортирования хлыстов с кронами и без крон, принципиальные схемы которых приводятся на рис. 1. Для опытов были использованы специальным образом оборудованная гусеничная машина (рис. 2) и тензометрическая и другая аппаратура для замеров необходимых величин осциллографированием.

Ниже приводятся некоторые из полученных данных, позволяющие судить о существенном различии методов транспортировки леса, подвергнутых исследованиям. Для сравнимости показателей все опыты проводились в одинаковых условиях на ровном лесосечном волоке, протяженностью более 100 м. О мощностных параметрах исследуемых процессов можно судить по величинам сопротивлений движению и буксованию, приведенным в табл. 2.

При весе машины с дополнительным оборудованием и аппаратурой в 11150 кг в процессе перемещения хлыстов тремя указанными методами в осенних условиях при весе хлыстов, равном 6510 кг, были зарегистрированы следующие усилия: волоком — 4250 кг, полупогруженным способом — 2257 и без волочения — 705 кг. Аналогично этому суммарные усилия на продвижение хлыстов и машины — 5280 кг, 3450 и 1900 кг. С учетом больших нагрузок в пересчете на средневзвешенные величины сопротивление движению хлыстов соответственно составило 640 кг/т волочением, 332 кг/т полупогруженным способом и 111,5 кг/т при отсутствии волочащихся хлыстов. Суммарное или общее сопротивление движению машины с хлыстами в абсолютных величинах и процентах соответственно равно 301 кг/т (270%), 210 кг/т (181%) и 111,3 (100%). В последнем случае машина и хлысты передвигаются с одним и тем же сопротивлением. В табл. 2 приводится также значение приведенного коэффициента сопротивления процесса трелевки, определяемого доц. В. Б. Прохоровым [5] по соотношению суммарного усилия к весу хлыстов. Характерным являются усредненные величины сопротивлений движению машины, которые для случая подвозки в полупогруженном состоянии и без волочения разнятся в пределах одного процента. При трелевке хлыстов объемом свыше 10 м<sup>3</sup> (нагрузка 9344 кг)

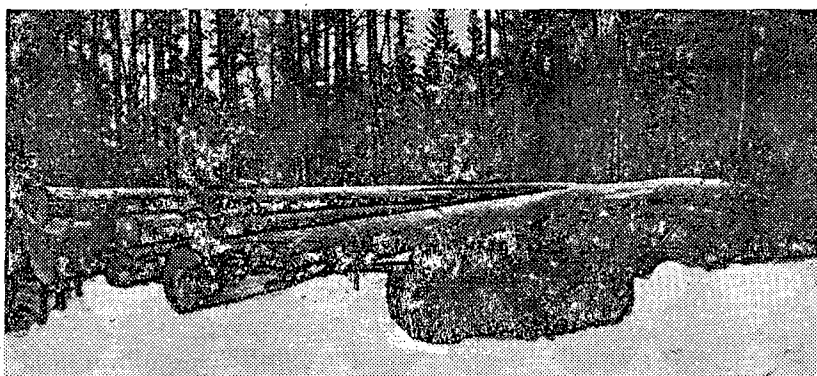


Рис. 3. Подвозка хлыстов с кроной без волочения по поверхности пути.

полупогруженным способом сопротивление движению машины увеличивается до 120 кг/т, против 115,2 кг/т по способу без волочения, что с учетом уменьшенного буксования свидетельствует о более эффективном использовании гусеничной ходовой системы и в последнем случае.

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	Волоком хлыстами <sup>1</sup>		Полунагруженным способом хлыстами с кронами			На машине без волочения хлыстами с кронами		
		1	2	1	2	3	1	2	3
Вес хлыстов общий . . .	кг	6510	7100	6510	7100	9344	6510	7100	9344
„ на почве . . .	„	6510	7100	2700	2760	3640	0	0	0
„ на машине . . .	„	0	0	3810	4340	5704	6510	7100	9344
„ „ „ „	%	—	—	58,4	61,2	61,5	100	100	100
Вес суммарный хлыстов и машины . . . . .	кг	17660	18250	17660	18250	20494	17660	18250	20494
Сопротивление движению машины <sup>2</sup> . . . . .	кг/т	92,5	88,0	99,0	110	120	108	111,0	115,0
Буксование . . . . .		3,3	4,3	2,4	2,6	3,0	0,6	0,85	1,21
Средневзвешенные величины сопротивления движению машины . . . . .	кг/т		90,3		110,0			111,3	
„ „ „ „	%		81,0		99,0			100	
„ хлыстов . . . . .	кг/т		6,45		332			111,3	
„ „ „ „	%		578		294			100	
суммарно машины и хлыстов . . . . .	кг/т		301		210			111,3	
„ „ „ „	%		270		181			100	
Коэффициент $\psi^3$ . . . . .	кг/т		795		496			274	
„ „ „ „	%		291		182			100	

Примечания: 1) При трелевке волоком хлыстами было проведено два опыта, при других методах — три опыта.

2) Вес машины с оборудованием и аппаратурой 11150 кг.

3)  $\psi$  — приведенный коэффициент сопротивления процессам трелевки, определяемый из отношения суммарного усилия, затрачиваемого на перемещение машины с хлыстами, к весу хлыстов.

Как видно из опытных данных, транспортировка хлыстов на гусеничной машине без волочения позволяет значительно снизить затраты топлива и мощности на единицу веса или объема подвозимых хлыстов.



Снижение мощности, передаваемой через трансмиссии к ходовой системе, уменьшает буксование, а при нагрузках близких к весу машины — и потери на самопередвижение машины. С увеличением скоростей движения машины с грузом, поднимавшихся до 8 ÷ 10 кг/час при опытах, сохранение высокого тягового к.п.д. для последнего метода подвозки может обеспечиваться снижением удельного веса машины без ограничений по сцеплению. Метод подвозки хлыстов с кроной без волочения, с точки зрения сохранения подроста, оценивается специалистами, как наиболее перспективный.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. П. Аболь. Исследование влияния характера снежных волоков на тяговые качества трелевочного трактора КТ-12. Диссертация, 1950. [2]. А. С. Антонов. Теория гусеничного движителя. Машгиз, 1949. [3]. И. В. Кессель. Тракторы на лесозаготовках за рубежом. ЦБТИ—ЦНИИМЭ, 1958. [4]. В. Э. Малаховский. Исследование к.п.д. тракторных трансмиссий. НАТИ, выпуск 10, 1954. [5]. В. Б. Прохоров. К вопросу о системе специализированных машин и механизмов лесозаготовительного производства. Труды ЛТА им. С. М. Кирова, № 83, 1959. [6]. Соловейчик. О параметрах гусеничных тракторов в связи с работой на повышенных скоростях. Журн. «Механизация и электрификация социалистического хозяйства» № 1, 1957.

---

Поступила в редакцию  
9 ноября 1959 г.

## К ВОПРОСУ СОХРАНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г. Ф. ГРЕХОВ

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Деревянные дорожные покрытия, широко применяемые в настоящее время, имеют различные конструкции. На дорогах общего пользования чаще всего это торцовые мостовые, на лесовозных дорогах — лежневые покрытия колейного типа и поперечные стлани. Кроме того, в последнее время начинают распространяться деревянно-грунтовые покрытия, предложенные в 1956 г. кафедрой сухопутного транспорта леса ЛОЛЛТА имени С. М. Кирова\*.

Как известно, многие виды деревянных покрытий, наряду с некоторыми неоспоримыми достоинствами, имеют существенные недостатки. В первую очередь к ним следует отнести малый срок службы деревянных элементов большинства конструкций. Так например, срок службы лежневых покрытий колеблется в пределах 3—6 лет. Основной причиной быстрого их разрушения является гниение древесины. Исследования, проведенные на Шархинской лесовозной автодороге треста «Ленлес», и наблюдения на других дорогах показали, что, как правило, лежни служат 2—6 лет, шпалы — 3—6 лет, продольные лаги — 5—10 лет и более. Почти все элементы по истечении этих сроков обычно поражены гнилью, вследствие чего их механическая прочность значительно понижается, что в конечном итоге приводит к поломке.

Исследования показали, что деревянные элементы дорожных покрытий наиболее часто подвергаются поражению следующими видами грибов: шпальным (*Lentimis lepidens*); щелевым или столбовым (*Lenzites septaria*), *Schizophyllum commune* и др.

Дереворазрушающие грибы относятся к низшим растительным организмам и размножаются спорами. По данным проф. Слудского [4], одно плодовое тело домового гриба образует в сутки около 3 млн. спор, а общее количество спор, образующихся за все его существование, колеблется от  $50 \cdot 10^9$  до  $5000 \cdot 10^9$ . Приблизительно такое же количество спор имеют и другие грибы. Понятно, что древесина всегда заражена грибами. Но для прорастания спор и дальнейшего загнивания древесины необходимы определенные условия: влажность древесины, температура, влажность воздуха и иногда наличие тех или иных веществ, которые способствуют развитию грибов.

\* Конструкция деревянно-грунтовых покрытий описана нами в журн. «Лесная промышленность» № 7 за 1957 г.

По данным проф. С. И. Ванина [1] и других исследователей, влажность древесины, при которой возможно развитие грибов, лежит в пределах 18—120%, оптимальные значения 30—60%. Оптимальная температура для прорастания спор 25—35°С, для интенсивного процесса гниения 15—30°С [1], [2].

Проф. С. И. Ваниным [2] установлено, что на воздушно-сухой древесине развитие спор грибов и грибницы может происходить при относительной влажности воздуха 60%. Оптимальные значения влажности для разных грибов различны и колеблются в пределах 85—100%.

Таким образом, для интенсивного развития грибов необходима среда с оптимальными значениями влажности древесины, температуры и влажности воздуха, причем существование этих трех факторов должно быть одновременным. В случае, если даже один из этих факторов будет выше или ниже своего оптимального значения, процесс гниения замедляется, а при определенных пределах совершенно прекращается. Следовательно, для того чтобы выяснить, в какой степени та или иная конструкция деревянных покрытий подвергается или будет подвергаться разрушению от гниения, необходимо установить значения вышеназванных факторов и продолжительность их одновременного действия при оптимальных значениях.

Анализ таких данных для различных видов покрытий позволит найти правильные конструктивные решения способов улучшения проезжей части автомобильных дорог. С этой целью нами исследованы четыре вида деревянных покрытий трех дорог Ленинградской области:

- 1) лежневые покрытия II и III типов на Вонозерской и Шархинской лесовозных автодорогах Лодейнопольского и Оятского леспромхозов треста «Ленлес»;
- 2) покрытие конструкции Гипролестранса [3] на Вонозерской дороге;
- 3) деревянно-грунтовое покрытие ЛТА на Вонозерской и Шархинской дорогах;
- 4) торцовая мостовая на дороге общего пользования Тосно—Лисино Корпус.

Исследования условий работы дерева в дорожных покрытиях сводились к определению значений влажности древесины, температуры почвы и воздуха и влажности воздуха.

Замеры влажности и температуры воздуха, а также температуры почвы непосредственно на месте исследований не производились. Их значения брались по данным стационарных метеорологических станций, которые располагаются на расстоянии не более 50 км от объектов. Погрешности в определении были в допустимых пределах и не могли существенным образом сказаться на точности исследований, ввиду незначительных расстояний и расположения точек приблизительно на одной высоте над уровнем моря. Значения влажности и температуры были взяты: для Вонозерской и Шархинской дорог — по данным Лодейнопольской метеостанции, которая отстоит от объектов соответственно на расстоянии 50 и 8 км; для дороги Тосно—Лисино Корпус — по данным метеостанции ЛолЛТА имени С. М. Кирова (расстояние 50 км).

Замеры влажности древесины производились непосредственно на месте расположения исследуемого дорожного покрытия. Определение влажности велось весовым способом путем взятия проб по следующей методике: от исследуемого деревянного элемента дорожного покрытия с его поверхностной верхней части отрубали или вырезали кусок древесины в виде бруска весом 50—120 г, который тут же немедленно взвешивали. У деревянно-грунтовых покрытий перед взятием пробы снимали слой засыпки и очищали поверхность элемента от грунта. После взве-

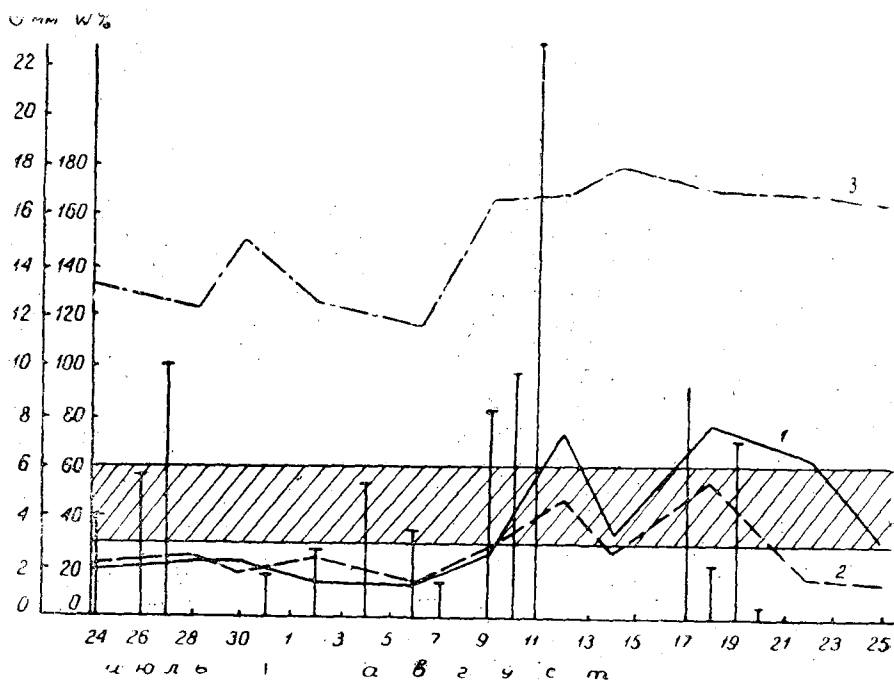


Рис. 1. График изменения влажности древесины деревянных элементов лежневого покрытия II типа.

1 — лежень сосновый; 2 — шпала сосновая; 3 — лага сосновая.

шивания пробы определение величины абсолютной влажности древесины производилось общепринятым путем.

Время исследования влажности древесины: на Шархинской дороге — периодически в 1956—1957 гг.; систематически с 20 июня по 20 сентября 1958 г.; на Вонозерской дороге — систематически с 24 июля по 1 сентября 1958 г.; на дороге Тосно—Лисино Корпус — периодически в 1957—1958 гг.

При систематическом исследовании пробы брались через 1—2—3 дня в зависимости от погоды.

Исследование лежневых покрытий проводилось на участках дорог, проходящих по сырым заболоченным местам. Так, на Вонозерской дороге исследовалось лежневое покрытие III типа, расположенное на ПК 118—ПК 120 + 20, проходящее по болоту с плотным торфом глубиной 2,0—2,5 м. На Шархинской дороге исследовались два участка лежневого пути II и III типов, проходящие по сырым местам с залеганием грунтовых вод на глубине 0,5—0,7 м.

Результаты исследований по этим двум дорогам получились приблизительно одинаковые, поэтому в целях сокращения объема статьи считаем возможным остановиться на данных исследования одной из дорог — Вонозерской.

Выясним для данного случая продолжительность одновременного действия оптимальных значений трех факторов: влажности древесины, температуры почвы и влажности воздуха. На графике на рис. 1 показана влажность древесины лежня, шпалы и продольной лаги  $W$  и количество осадков по дням  $G$ . Анализируя график, можно сделать заключение, что влажность древесины шпалы и лежня приблизительно одинакова и колеб-

дается в пределах 15—80%. Влажность продольной лаги значительно больше и находится в пределах 100—160%. Из графика видно, что влажность деревянных элементов покрытия зависит от осадков. Осадки в пределах 10 мм существенного влияния на повышение влажности не оказывают. Значительное повышение влажности наблюдается при продолжительных непрерывных осадках общим количеством более 15—20 мм.

Анализируя график дальше, можно убедиться, что в течение 17 дней лежни и шпалы имели влажность древесины в пределах оптимальных величин, в то же время влажность продольных лаг имела значительно большие значения, при которых, при всех прочих благоприятных условиях, интенсивное гниение невозможно, что и подтверждается практикой (срок службы продольных лаг в лежневых покрытиях в большинстве случаев больше 5—10 лет).

На графике, данном на рис. 2, показаны по дням исследуемого периода оптимальные значения влажности воздуха и температуры почвы. (Температура деревянных элементов принимается равной температуре почвы на поверхности.) Нами приняты две градации температуры почвы: выше 25°С и выше 15°С. Первая является минимальной температурой для интенсивного прорастания спор, вторая — нижним пределом интенсивного процесса гниения. За исследуемый период в течение трех дней были оптимальные условия для интенсивного прорастания спор в лежневом покрытии. Этого времени вполне достаточно для загнивания древесины, так как для прорастания спор и образования грибницы требуется всего только несколько часов. Продолжительность периода с оптимальными условиями для интенсивного гниения значительно больше, чем для загнивания, и равна двенадцати дням.

Покрытие конструкции Гипролестранса построено на Вонозерской дороге на тяжелых пылеватых супесях следующего гранулометрического состава: песок 30%, пыль 63% и глины 7%.

Влажность древесины элементов этого покрытия, как видно из графика на рис. 3, продолжительное время находится в пределах оптимальной. Так, например, для елового лежня она в течение 25 дней (из 33) колеблется от 30 до 60%. То же самое можно сказать о лежне из березы. В значительно лучшем положении находятся лежни и шпалы из осины, влажность древесины которых во время выпадения осадков намного выше оптимальной.

По влажности воздуха и температуре условия работы этого типа дорожного покрытия почти такие же как у лежневого. Некоторое отличие по величине температуры имеют шпалы, которые работают приблизительно в таком же водно-тепловом режиме, как элементы деревянно-грунтовых покрытий, о которых речь будет идти ниже.

Температура и влажность воздуха в течение продолжительного периода имеют оптимальные значения, поэтому условия работы лежней очень благоприятны для развития дереворазрушающих грибов. Это наглядно видно из графика на рис. 2. Для лежня из ели за исследуемый период было 5 дней с оптимальными условиями для интенсивного прорастания спор и 16 дней для интенсивного процесса гниения.

Таким образом, лежни покрытий конструкции Гипролестранса работают в неблагоприятных условиях для сохранения древесины от гнили. Этот вывод можно подкрепить десятками примеров из строительной практики, когда элементы деревянных конструкций работают в аналогичных условиях. Известно, например, что столбы больше всего поражаются гнилью в зоне перехода с дневной поверхности в грунт.

Водно-тепловой режим деревянно-грунтовых покрытий ЛТА значительно отличается от режима покрытий лежневых и конструкции Гипро-

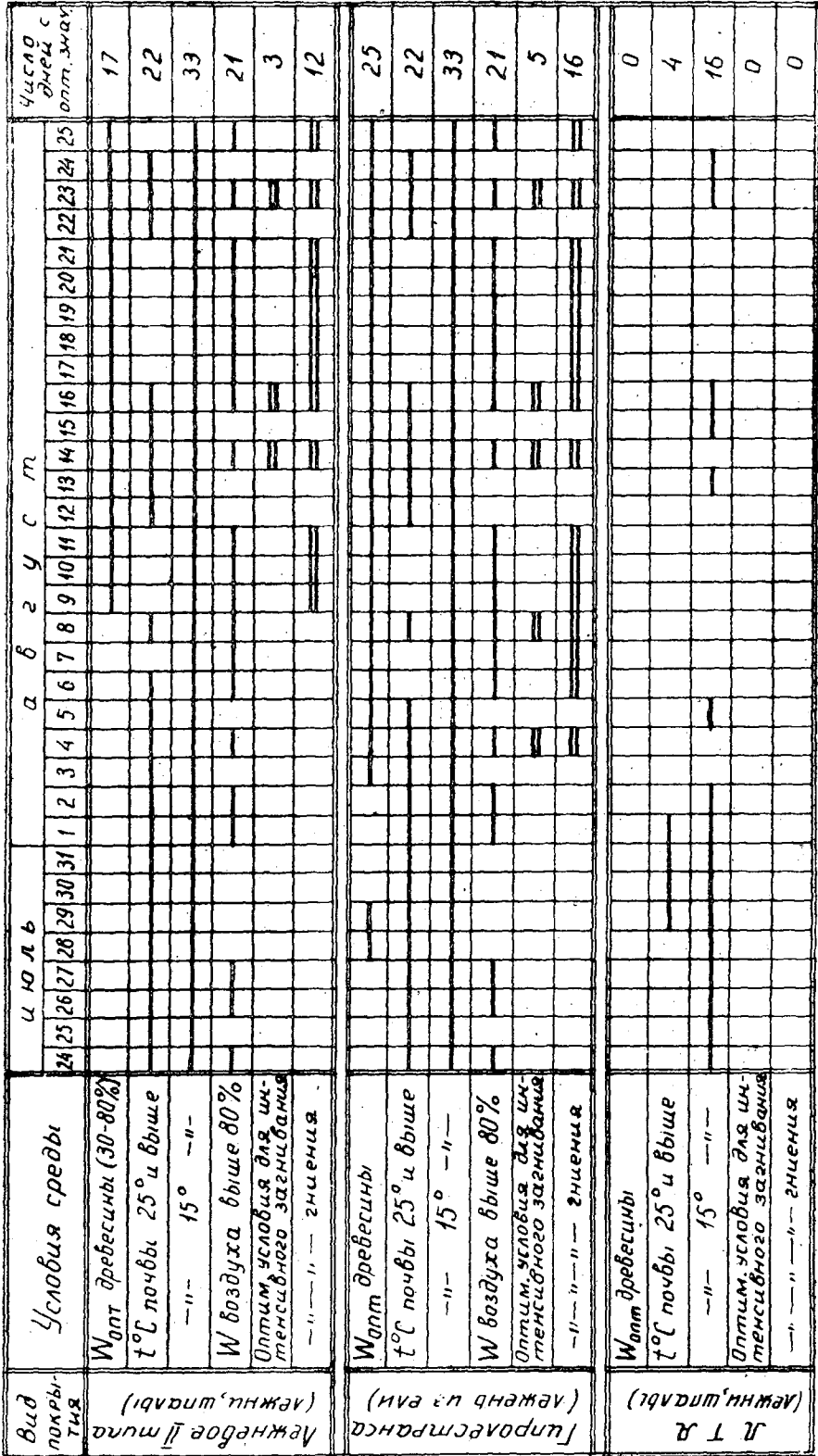


Рис. 2. График продолжительности оптимальных условий для интенсивной жизнедеятельности дереворазрушающих грибов.

лестранса, несмотря на равные грунтовые условия с последним. Эти отличия в основном заключаются в следующем. Во-первых, температура деревянных элементов, находящихся под слоем засыпки, значительно ниже, чем на поверхности. По данным проф. Роде [5], максимальная температура почвы на глубине 10 см на 15—20° С ниже, чем температура на поверхности. Это существенным образом сказывается на продолжительности воздействия температурных условий. Если у лежневых покрытий и покрытий конструкции Гипролестранса температура 25° С и выше наблюдалась в течение 22 дней, то в данном случае эта температура была на протяжении всего только четырех дней; температура 15° С и выше в течение 33 и 16 дней соответственно (см. график на рис. 2). Во-вторых, колебания температуры грунта на глубине 10 см, а следовательно и колебания температуры древесины под слоем засыпки незначительны. Они в три-четыре раза меньше, чем на поверхности почвы. В-третьих, влажность древесины деревянных элементов покрытия равна 100—180% (рис. 4), то есть она колеблется в тех пределах, где степень поражения гнилью незначительна или оно вообще исключается.

Таким образом, условия работы деревянных элементов деревянно-грунтовых покрытий на недренированных грунтах характеризуются более или менее постоянным тепловым и водным режимом, при котором, как видно из графика на рис. 2, не имеется оптимальных условий для интенсивного развития дереворазрушающих грибов. Этот вывод подтверждается нашими исследованиями Шархинской и Вонозерской автодорог. Так, на Шархинской дороге деревянно-грунтовые покрытия были построены в 1956 г. При детальном осмотре деревянных элементов покрытий два года спустя нами нигде не было обнаружено признаков гнили или загнивания. Древесина, как правило, имела такой же вид, как у свежесрубленного дерева. Однако, если эти покрытия будут построены на дренированных грунтах (песок, супесь), не исключается возможность быстрого загнивания древесины в результате того, что влажность древесины в данных условиях может находиться в пределах оптимальной для интенсивного развития грибов. Это положение подтверждается нашими исследованиями Шархинской дороги.

Торцовая мостовая на дороге Тосно—Лисино Корпус построена в 1942 г. и имеет следующее устройство: на земляное полотно уложено два ряда шашек с прослойкой из песка толщиной 2—4 см. Шашки нижнего слоя имеют высоту 15 см и изготовлены большей частью из осины в коре. Верхний слой торцовой мостовой выложен из шашек ели и сосны в окоренном виде и имеет высоту 8—10 см. По нему была проведена поверхностная обработка гудроном толщиной 1—2 см. Несмотря на интенсивное движение, дорога в течение 15 лет со времени постройки не требовала почти никакого ремонта. Только к исходу этого срока был проведен ямочный ремонт и восстановлен поверхностный слой гудрона.

Проведенные нами исследования этой дороги показали, что нижний слой шашек повсеместно имеет совершенно здоровую древесину без каких-либо признаков загнивания. Шашки верхнего слоя также хорошо сохранились там, где остался слой гудрона. На тех же участках, где слой гудрона выносился и торцы шашек обнажались, древесина верхних торцов шашек смята и, как правило, поражена гнилью.

Хорошее сохранение древесины как нижнего, так и верхнего слоев шашек объясняется более или менее постоянным водно-тепловым режимом работы древесины в покрытии и наличием слоя гудрона. В самом деле, как показали исследования, влажность древесины нижнего слоя на протяжении всего летнего периода колебалась в пределах 150—180%, то есть в тех пределах, в которых исключается поражение древесины дере-

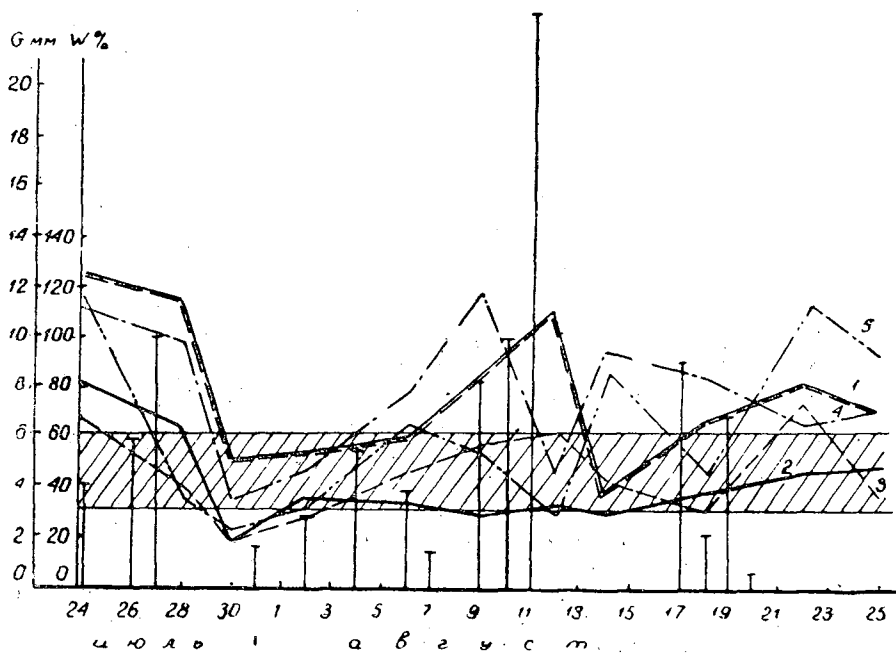


Рис. 3. График изменения влажности деревянных элементов покрытия конструкции Гипролестранса (тема 268).

1 — лежень осиновый; 2 — лежень из ели; 3 — лежень из березы; 4 — шпала (синовья); 5 — шпала из ели.

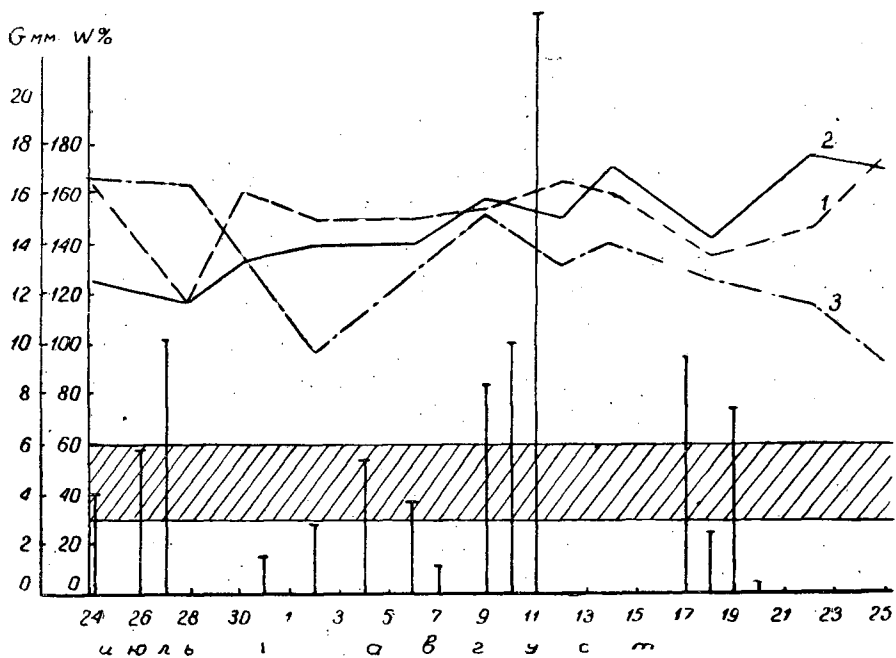


Рис. 4. График изменения влажности деревянных элементов покрытия ЛТА.

1 — лежень осиновый; 2 — лежень из ели; 3 — шпала осиновая.



воразрушающими грибами. Влажность древесины шашек верхнего слоя при хорошо сохранившемся слое гудрона колебалась в пределах 90—120%. При такой высокой влажности даже при всех прочих благоприятных условиях интенсивное загнивание и гниение древесины невозможно. Влажность древесины шашек верхнего слоя, где слой поверхностной обработки выносился, была равна 30—70%, то есть она колебалась в диапазоне оптимальной влажности для загнивания и гниения древесины, чем и объясняется разрушение этих шашек.

Таким образом, поверхностный слой обработки играет существенную роль в сохранении древесины данного дорожного покрытия. Благодаря этому слою создается высокая постоянная влажность обоих рядов шашек; плотный слой поверхностной обработки препятствует проникновению в древесину спор дереворазрушающих грибов и предохраняет ее от механического износа, что, в конечном итоге, обеспечивает продолжительный срок (15—20 и более лет) работы древесины в дорожном покрытии.

### Выводы

1. Основной причиной быстрого разрушения большинства конструкций деревянных покрытий автомобильных дорог являются гнили, вызываемые дереворазрушающими грибами.

2. Интенсивное развитие спор грибов и интенсивное гниение древесины может происходить только при одновременном наличии оптимальных значений влажности воздуха, влажности древесины и температуры.

3. Продолжительность таких благоприятных для грибов условий у различных типов покрытий различна (у лежневых покрытий — 12 дней, у покрытий конструкции Гипролестранса — 16 дней). У некоторых типов покрытий она практически оказалась равна нулю (торцовая мостовая, деревянно-грунтовые покрытия ЛТА). Таким образом, срок службы древесины в дорожных покрытиях в значительной мере зависит от их конструкции.

4. Большим резервом в увеличении срока службы древесины в дорожных покрытиях является антисептирование, которое до сих пор не применяется на автодорогах с деревянными покрытиями.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. В а н и н. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949. [2]. С. И. В а н и н. Лесная фитопатология. Гослесбумиздат, Л.-М., 1955. [3]. В. Н. К о в н е р и А. Ф. Г о н ч а р о в. Строительство лесовозных автомобильных дорог с деревянными покрытиями. Гослесбумиздат, М.-Л., 1957. [4]. В. Н. П е т р и, А. А. Д у л ь к и н. Разрушители древесины. Свердловское областное госуд. издательство, 1950. [5]. А. А. Р о д е. Почвоведение. Гослесбумиздат, М.-Л., 1955.

Поступила в редакцию  
13 июля 1959 г.

## ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВАЛКУ ДЕРЕВЬЕВ

Л. Г. ФЕДЯЕВ

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Определение основных параметров пропила (формы и размеров перемычки, глубины подпила) и эффективности валочных средств находится в зависимости от факторов, оказывающих силовое воздействие на деревья при валке. Основными из них являются следующие:

1. Факторы, зависящие от строения дерева: собственный вес надземной части дерева (вес ствола с кроной), естественное тяготение дерева (отклонение ствола от вертикали и асимметричность кроны);

2. Факторы, вызываемые атмосферными явлениями: ветер, осадки.

Вес надземной части дерева (вес ствола с кроной) определяет вертикальную нагрузку на конструкцию пропила при валке. Для деревьев наклонных и с асимметричными кронами составляющая веса дерева, нормальная к оси ствола, создает также опрокидывающую силу.

Вес дерева  $G_d$  является функцией объема ствола  $V_{ст}$  и сучьев  $V_c$  и объемного веса древесины ствола  $\gamma_{ст}$  и сучьев  $\gamma_c$ :

$$G_d = V_{ст} \cdot \gamma_{ст} + V_c \cdot \gamma_c \quad (1)$$

Таблица 1

Порода	Диаметр, см	Вес деревьев по разрядам высот							
		I		II		III		IV	
		кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Сосна	20			290	105,2	275	100	261	95
	40			1410	106,0	1330	100	1260	95
	60			3230	106,9	3020	100	2900	96
Ель	20			306	107	286	100	264	92,4
	44			1978	106,3	1857	100	1710	92,0
	60			3860	105,8	3665	100	—	—
Береза	20	292	109,5	266	100	243	91,4		
	44	1990	110,4	1796	100	1680	98,3		
	60	3935	106,3	3700	100	—	—		
Осина	20	296	108,0	274	100	238	87		
	36	1197	108,0	1109	100	998	90		
	52	2770	106,1	2610	100	2240	86		

При составлении табл. 1 объемный вес ствола принят равным: для сосны — 863 кг/м<sup>3</sup>, ели — 794 кг/м<sup>3</sup>, березы — 878 кг/м<sup>3</sup>, осины —

762 кг/м<sup>3</sup> [1]. Объемный вес сучьев соответственно принимается равным (в кг/м<sup>3</sup>): 869; 926; 986 и 923 [4]. Так как объемный вес древесины в зависимости от возраста, почвенно-грунтовых условий и других факторов, изменяется в широком диапазоне, при решении практических задач значения  $\gamma_{ст}$  и  $\gamma_c$  можно округлить с точностью до 50—100 кг/м<sup>3</sup>.

Для указанных пород вес стволов с кронами находится в параболической связи с диаметром дерева  $D$  на высоте груди. Вес деревьев изменяется также и от разряда высоты, однако колебания его для одних и тех же диаметров (см. табл. 1) лежат в небольших пределах.

*Естественное тяготение дерева* (отклонение ствола от вертикали и асимметричность кроны). Многочисленными опытами валки деревьев установлено, что на отклонение дерева от заданного направления валки в момент падения значительное влияние оказывает направление его естественного тяготения (наклон ствола) и асимметричность кроны.

Данных о величине отклонения деревьев от вертикали, насколько нам известно, в литературе мало, и они весьма противоречивы. Так, например, Ф. И. Лисичкин [2], производивший измерения отклонения стволов от вертикали способом визирования линейки с отвесом на ось ствола, установил, что количество вертикальных деревьев сосны — 83%, ели — 91,6% и осины — 30,2%. Данные же Ленинградской лесотехнической академии (по замерам отклонений вершин деревьев) показывают, что вертикальные деревья составляют примерно 1%.

Первый способ измерения отклонения дерева от вертикали не учитывает асимметричности кроны дерева, второй же приводит к завышенным величинам отклонений.

Автором проведена работа по измерению отклонений деревьев от вертикали на лесосеках Волосовского леспромхоза Ленинградской области (состав насаждения 5Ос3Е2Б + С; бонитет III, средний объем хлыста 0,29 м<sup>3</sup>) и Крестецкого леспромхоза Новгородской области (состав 5ЕЗС2Ос + Б, бонитет III, средний объем хлыста 0,32 м<sup>3</sup>). Измерения производились двумя способами:

а) визированием линейки с отвесом на ось ствола,

б) фотографированием деревьев с контрольными маркировочными отметками, установленными по отвесу (рис. 1).

Последний способ позволил после камеральной обработки снимков установить не только величину отклонения ствола от вертикали, но и представить форму и характер развития кроны дерева, и, тем самым, при определении отклонения дерева от вертикали, внести поправку на асимметричность кроны.

Результаты наблюдений (с учетом асимметричности крон) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Порода	Количество вертикальных деревьев с симметричной кроной, %	Количество наклонных деревьев в % с отклонением в град								
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	9°	8°	5°
Сосна . .	13	35	31	14	4	2	—	1	—	—
Ель . . .	17	31	38	9	2	—	1	1	—	1
Береза . .	16	22	32	16	3	4	4	3	—	—
Осина . .	11	30	31	17	4	2	2	2	—	1

Данные табл. 2 (а также и других авторов) показывают, что большее количество деревьев с отклонениями свыше 4° имеют лиственные породы.

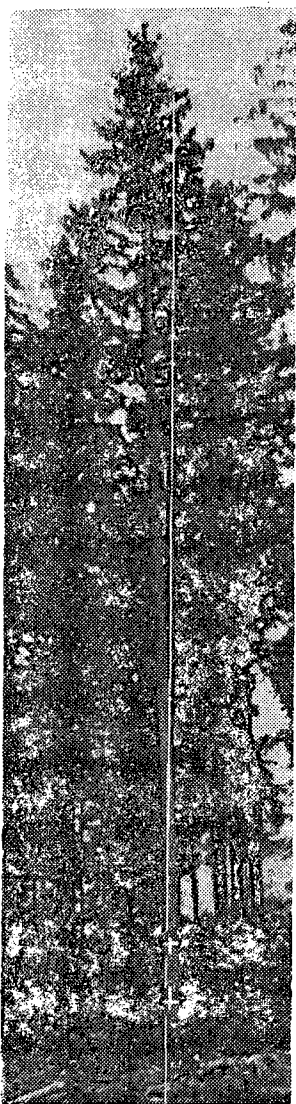


Рис. 1.

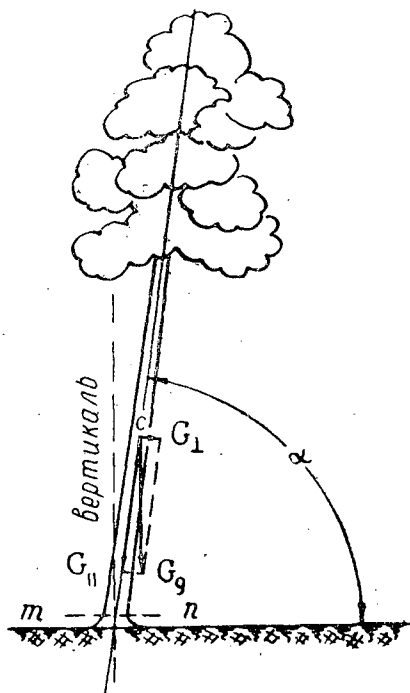


Рис. 2.

При валке следует учитывать, что большинство деревьев (85÷86,5%) являются наклонными или имеют асимметричную крону.

Из рис. 2 видно, что опрокидывающая сила равна

$$G_{\perp} = G_n \cdot \sin(90^\circ - \alpha).$$

Для деревьев, представляющих промышленный интерес, можно считать, что центр тяжести дерева (ствола с кроной) расположен на 0,35 высоты дерева, считая от пня. Таким образом, опрокидывающий момент в сечении  $mn$  определится из выражения:

$$M_{\alpha} = G_n \cdot \sin(90^\circ - \alpha) \cdot 0,35h_n, \text{ кгм.} \quad (2)$$

где  $G_d$  — вес дерева, кг;  
 $h_d$  — высота дерева, м;  
 $(90^\circ - \alpha)$  — угол отклонения дерева от вертикали, град (с учетом асимметричности кроны).

Влияние ветра на валку деревьев следует учитывать как особый фактор и не отождествлять с влиянием естественного тяготения дерева, так как направление и сила ветра не постоянны во времени.

Порывистость и завихрения ветра в лесу неизбежны; при отсутствии мощных валочных средств это часто является причиной неблагоприятной валки деревьев.

Изменение скорости ветра в зависимости от высоты подъема над уровнем почвы неравномерно и наиболее интенсивно происходит до 2 м, после чего скорость растет гораздо медленнее, чем увеличивается высота подъема. Так, при увеличении высоты подъема с 2 до 32 м скорость ветра возрастет примерно на 64%.

Для простоты определения давления ветра на крону дерева скорость движения воздушного потока в пределах высоты кроны может быть принята равномерной и вектор скорости ветра — нормальным к продольной оси дерева. Тогда давление ветра на крону определится по формуле

$$Q = c_x \cdot S_k \cdot \frac{\rho \cdot v_b^2}{2}, \quad (3)$$

где  $Q$  — давление ветра на крону, кг;  
 $S_k$  — площадь максимального сечения кроны дерева плоскостью, перпендикулярной направлению ветра, м<sup>2</sup>.  
 $c_x$  — коэффициент лобового сопротивления;  
 $\rho$  — плотность воздуха;  
 $v_b$  — скорость ветра в м/сек.

Площадь максимального сечения кроны дерева  $S_k$  и положение кроны могут быть определены, исходя из признаков, создающих представление о форме и размерах кроны [5]: диаметра  $D_k$  и длины  $l_k$  кроны, высоты до наибольшей ширины кроны  $h_{Dk}$  и до начала кроны  $h_{Ok}$  и высоты дерева  $h_d$  (рис. 3).

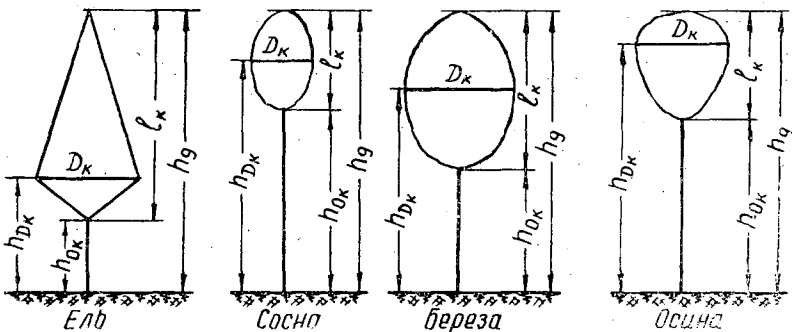


Рис. 3.

Указанные признаки формы крон деревьев являются основными, но еще не достаточными для определения  $S_k$  так как они не учитывают характера контура кроны по высоте (в пределах  $h_{Dk} - h_{Ok}$  и  $h_d - h_{Dk}$ ).

По внешнему виду кроны деревьев различных пород неодинаковы. Особенно резко отличаются от других древесных пород кроны ели и пихты.

В общем виде  $S_k$  можно представить следующим образом:

$$S_k = A_k \cdot D_k \cdot l_k, \quad (4)$$

Коэффициент формы кроны  $A_k$  принимается: для крон конусовидной формы (ель, пихта)  $1/2$ ; для параболоидных крон (сосна, береза, осина)  $2/3$ .

Формула (4) не учитывает густоту крон, поэтому в нее следует ввести расчетный коэффициент заполнения  $\beta_k$ : тогда

$$S_k = A_k \cdot \beta_k \cdot D_k \cdot l_k. \quad (5)$$

Для ели  $\beta_k = 0,60 \div 0,75$ ; для сосны  $= 0,5$ ; для березы  $0,5 \div 0,6$ ; для осины  $= 0,5$ .

Сделанное нами ранее допущение о равномерности действующего на крону воздушного потока позволяет давление ветра на крону привести к сосредоточенной равнодействующей силе, приложенной в центре тяжести сечения кроны.

Не трудно видеть, что опрокидывающий момент, создаваемый ветровой нагрузкой, определяется выражением

$$M_b = Q \cdot L_{ц.т.к}, \quad (6)$$

где  $Q$  — давление ветра на крону;

$L_{ц.т.к}$  — расстояние от расчетного сечения ствола до центра тяжести кроны.

Положение центра тяжести кроны определяется из следующих выражений:

для конусовидной кроны

$$L_{ц.т.к} = \frac{1}{3} (h_d + h_{Dk} + h_{Ok}), \quad (7)$$

для параболоидной кроны

$$L_{ц.т.к} = \frac{2h_d + 2h_{Ok} + 2h_{Dk}}{5}. \quad (8)$$

Подставив в формулу (6) значения  $Q$  и  $L_{ц.т.к}$ , получим следующие уравнения опрокидывающего момента в сечении  $m$  в зависимости от ветровой нагрузки на крону конусовидной формы

$$M_b = c_x \frac{\rho \cdot v_b^2 \beta_k}{12} \cdot D_k \cdot l_k (2h_d + h_{Dk} - l_k), \quad (9)$$

параболоидной формы

$$M_b = c_x \frac{\rho \cdot v_b^2 \cdot \beta_k}{15} \cdot D_k \cdot l_k (4h_d + h_{Dk} - 2l_k). \quad (10)$$

Для определения опрокидывающих моментов, создаваемых ветровой нагрузкой и наклоном деревьев, нами были сделаны специальные расчеты, результаты которых сведены в табл. 3\*.

Эти данные показывают, что на величину опрокидывающего момента наклонных деревьев большое влияние оказывают вес дерева и его наклон к горизонтали. Из табл. 3 видно, что для валки наклонных деревьев в строго заданном направлении валочные средства должны создавать

\* При наличии ветровой нагрузки на кроны в технических расчетах давление снега можно не учитывать, так как ветром снег сдувается с крон.

Таблица 3

Порода	Диаметр ствола на высоте груди, см	Высота дерева, м	Объем ствола, м <sup>3</sup>	Вес дерева (ствола с кроной), кг	Диаметр кроны, м	Длина кроны, м	Высота до наибольшей ширины кроны, м	Величина опрокидывающего момента (в кгм) в зависимости от ветровой нагрузки при силе ветра в баллах и скорости в м/сек.									
								от наклона дерева в град				от скорости ветра в баллах и скорости в м/сек.					
								1°	2°	3°	4°	1	2	3	4	5	6
Сосна	12	13	0,076	79	1,0	5,6	10,6	6	12	18	25	3	13	32	66	109	
	28	22	0,628	614	3,7	7,1	17,4	83	165	248	330	29	112	277	566	990	
	44	25	1,68	1630	6,8	8,2	19,8	250	498	747	995	66	252	628	1280	2340	
	60	26	3,17	3020	10,0	8,4	20,4	480	960	1440	1920	107	410	1016	2065	3610	
	12	13	0,074	76	2,5	9,0	8,0	6	12	18	24	13	48	119	240	422	
	28	23	0,684	650	5,1	13,2	14,4	91	182	274	366	72	270	670	1350	2380	
Ель	44	28	1,99	1857	7,9	15,4	17,6	320	636	955	1280	160	600	1500	3030	5300	
	60	30	3,97	3655	10,3	16,2	18,8	675	1340	2010	2700	237	890	2210	4470	7850	
	12	14	0,074	66	2,8	7,6	11,4	6	11	17	23	13	50	125	252	443	
	28	20	0,563	545	5,9	10,8	16,6	67	134	200	267	56	214	530	1070	1880	
Береза	44	24	1,65	1680	9,0	12,8	19,8	248	493	740	987	125	473	1175	2370	4170	
	52	26	2,47	2512	10,6	13,8	21,6	400	800	1200	1600	172	655	1620	3280	5750	
	12	15	0,084	67	1,9	5,8	13,2	6	12	18	24	8	31	72	155	272	
	28	22	0,66	542	4,6	7,4	19,8	73	145	218	290	38	144	358	720	1270	
Осина	44	25	1,82	1565	7,8	8,2	22,6	240	477	715	955	82	310	770	1550	2730	
	52	25	2,55	2240	9,5	8,2	22,6	344	685	1025	1370	99	377	935	1890	3310	

Примечания: 1. Все деревья III разряда высоты. 2. Объем ствола определен с помощью таблиц [6].

опрокидывающий момент не менее 2—2,5 тм. Еще большее влияние на валку оказывает ветровая нагрузка, которая зависит от объема дерева и скорости ветра. Наиболее интенсивно опрокидывающий момент возрастает с увеличением скорости ветра.

Для валки деревьев (вертикально стоящих) против ветра надо располагать более мощными валочными средствами. Расчеты показывают, что валочные средства, создающие опрокидывающий момент до 5 тм, способны обеспечить валку деревьев в строго заданном направлении, независимо от наклона дерева (в пределах до 4°) и направления ветровой нагрузки при слабом ветре (3—4 балла).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. И. В а н и н. Древесиноведение. Гослесбумиздат, 1949. [2]. Ф. И. Л и с и ч к и н. Техника безопасности на лесосечных работах, Гослесбумиздат, 1955. [3]. В. Г. Н е с т е р о в. Общее лесоводство. Гослесбумиздат, 1954. [4]. М. М. О р л о в. Лесная вспомогательная книжка для таксации и технических расчетов. Сельхозгиз, 1931. [5]. Г. Г. С а м о й л о в и ч. Применение авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве. Гослесбумиздат, 1953. [6]. А. В. Т ю р и н и др. Лесная вспомогательная книжка. Гостехиздат, 1945. [7]. Б. Н. Ю р ь е в. Экспериментальная аэродинамика. М.-Л., 1936—1938.

Поступила в редакцию  
15 января 1959 г.



## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ НА ПОЛУОСИ АВТОМОБИЛЯ БЕЗ ТОКОСЪЕМНИКА И УСИЛИТЕЛЯ

В. Т. СУРИКОВ

Ассистент

(Московский лесотехнический институт)

При исследованиях работы полуосей, сопротивления движению автомобиля и пр. возникает необходимость в измерении величин крутящих моментов, передаваемых полуосью.

В настоящее время для такого измерения широко применяются электрические методы с использованием проволочных сопротивлений и осциллографов различных марок. При этом, однако, возникает необходимость включать в измерительную цепь токосъемник и усилитель. Вызывается это тем, что измерительный мост, расположенный непосредственно на полуоси, вращается вместе с ней, а записывающий прибор (осциллограф) остается на месте. Незначительный разбаланс моста, возникающий при деформации полуоси, не позволяет без усиления производить запись на осциллографе с требуемой по условиям точности величиной отклонения.

Наличие в измерительной цепи усилителя вынуждает вести питание моста Уитстона переменным током. Для получения переменного тока требуется передвижная электростанция, что осложняет проведение опытов в дорожных условиях. Включение в измерительную цепь дополнительных приборов (усилитель, токосъемник) вносит определенные затруднения при опытах и снижает точность измерения. Поэтому при исследованиях, проводимых кафедрой сухопутного транспорта леса Московского лесотехнического института, было применено приспособление, разработанное автором статьи, которое позволяло без применения токосъемника и усилителя производить запись на осциллографе величин крутящих моментов, передаваемых полуосью.

Приспособление, общий вид которого представлен на рис. 1, состоит из полуоси, передающего механизма и датчика.

В полуоси 1 автомобиля просверливается сквозное отверстие диаметром 15—20 мм, в которое пропускается стержень 2 с зазором в 2 мм на сторону. Один конец стержня приваривается к полуоси, второй же конец вставляется в подшипник 3, укрепленный в наружном торце полуоси. На этом же конце стержня устанавливается рычаг 5.

Передающий механизм, состоящий из корпуса 4, двух плунжерных пар 6 и 10 и кулачка 7, крепится винтами к торцу полуоси. Плунжерные пары применены для уменьшения люфта в сопряжениях узлов передающего механизма и для повышения точности приспособления.

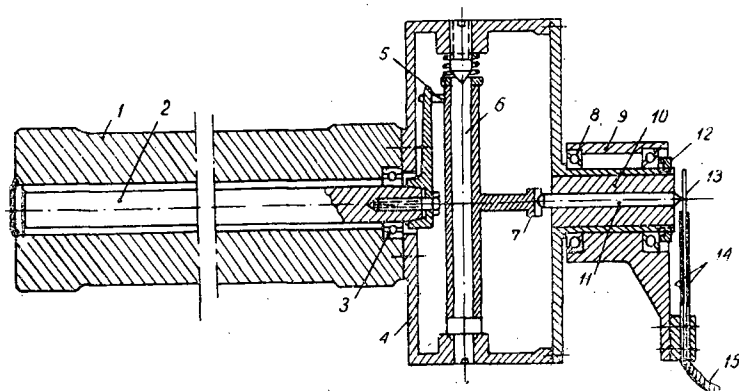


Рис. 1. Приспособление для измерения крутящих моментов и углов закругления.

На плунжерной паре 10 в подшипниках 8 расположен барабан-держатель 9, к которому крепится датчик 13.

Датчик представляет собой стальную пластину с наклеенными, по два с каждой стороны, проволочными сопротивлениями 14 в 200 или 400 ом с базой 20 мм.

Материал пластины должен иметь высокий предел пропорциональности (свыше  $4000 \text{ кг/см}^2$ ) и, по возможности, не обладать магнитными свойствами.

Сопротивления перед наклеиванием должны быть проверены. Для этого их соединяют в мост Уитстона и включают в цепь. Мост при этом не должен давать разбаланс, который невозможно было бы устранить блоком балансировки. После такой проверки проволочные сопротивления наклеиваются на датчик.

Перед наклеиванием поверхности датчика тщательно зачищаются и обезжириваются ацетоном. После того как ацетон просохнет, на поверхности датчика и проволочных сопротивлений ваткой наносится тонкий слой клея БФ-2. В течение 2—3 мин клею дают возможность просохнуть и затем наносят второй слой на поверхности только проволочных сопротивлений, которые сразу же и приклеивают к датчику. Изготовленный датчик на одни-два суток оставляют для просушки. Чтобы предохранить проволочные сопротивления от попадания на них влаги, датчик покрывают двойным слоем лака.

При передаче крутящего момента полуось 1 автомобиля скручивается на определенный угол. При этом стержень 2 поворачивается относительно внешнего торца полуоси на этот же угол и через рычаги 5 поворачивает кулачок 7 на угол, увеличенный в несколько раз. Кулачок 7 выталкивает стержень 11 плунжерной пары 10, который и отжимает датчик 13. Величина крутящего момента в определенном масштабе копируется отклонением датчика от нулевого положения. Последнее производит разбаланс моста Уитстона, что вызывает появление в цепи гальванометра осциллографа электрического тока, величина которого пропорциональна крутящему моменту. Коэффициент пропорциональности устанавливается при тарировке. Электрический ток, проходящий через гальванометр, отклоняет его зеркальце от нулевого положения, а это в свою очередь вызывает отклонение отраженного от него луча, который и записывает на светочувствительной бумаге величину измеряемого крутящего момента.

Питание моста Уитстона желательно вести от щелочных аккумуляторов батарей НКН-100 с общим напряжением 6 в, так как эти аккумуляторы поддерживают в достаточной степени стабильное напряжение в течение продолжительного времени.

Для получения требуемой чувствительности приспособления следует изменить соотношение плеч рычагов 5 и размеры кулачка 7. На гальванометре пятого типа осциллографа ОТ-24 при указанных на рис. 1 размерах передающего механизма и датчика приспособление позволило получить чувствительность, по осциллограмме равную 0,6 мм/кгм. Эта достаточно высокая чувствительность при необходимости может быть увеличена за счет увеличения соотношения плеч рычагов 5 и размеров кулачка 7.

При движении автомобиля его полуось, совместно с передающим механизмом, вращается, а держатель 9, укрепленный на подшипниках 8 совместно с датчиком 13, остается в покое. Установка держателя с датчиком на подшипниках дала возможность убрать из измерительной цепи токосъемник.

Надежность работы описанного приспособления зависит от точности его изготовления. Если держатель 9 будет иметь эксцентриситет относительно острей стержня 11 плунжерной пары 10, то при вращении полуоси с постоянным крутящим моментом датчик будет иметь отклонение. Чтобы избежать этого, необходимо при изготовлении приспособления не допускать эксцентриситета более 0,01—0,02 мм.

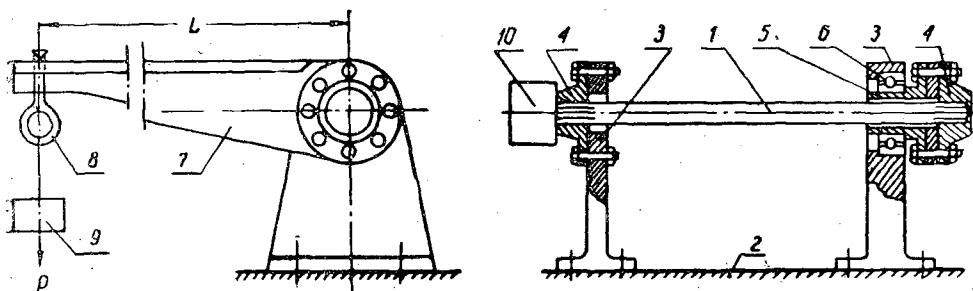


Рис. 2. Тарировочный стенд.

Тарировка приспособления производилась до и после опытов на тарировочном стенде (рис. 2). Показанный на рисунке стенд позволяет передавать на полуось только крутящий момент. Вертикальная сила от груза 9 через втулку 5 и подшипник 6 передается на стойку 3, минуя полуось 1. В качестве груза были использованы гири. Перед тарировкой (нагрузка равна нулю) на осциллограмме фиксировалось нулевое положение зайчика; после этого на центрирующий болт 8 последовательно подвешивали гири, и для каждого груза делались съемки линии крутящих моментов. При разгрузке гири снимали в обратной последовательности, причем запись на осциллограмму производилась после снятия каждой гири.

В результате на тарировочной осциллограмме (рис. 3) получали для каждого значения крутящего момента ( $P \cdot L$ ) величину отклонения луча от нулевого положения.

По результатам обработки тарировочных осциллограмм, полученных до и после ездов, строился график зависимости величин крутящих моментов от значения отклонения луча на осциллограмме (рис. 4).

Как видно из рисунка, зависимость эта подчиняется закону прямой линии.

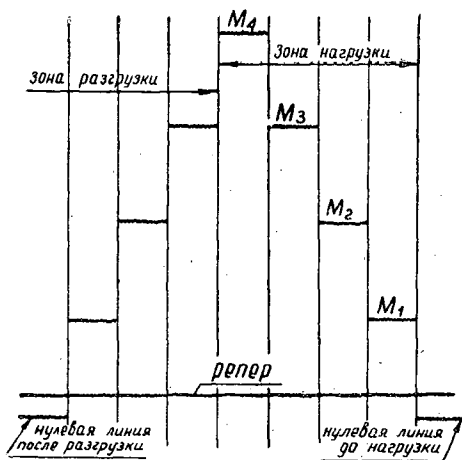


Рис. 3. Тарировочная осциллограмма для крутящих моментов.

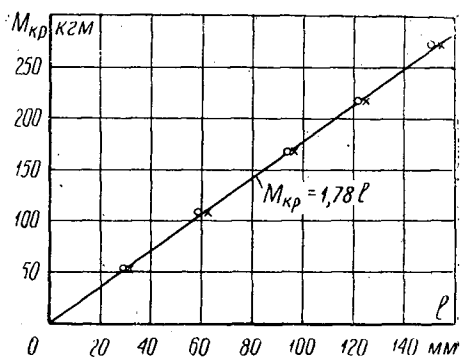


Рис. 4. График зависимости отклонения луча на осциллограмме (в мм) от крутящего момента ( $M_{кр}$ ) кгм, передаваемого полусью.

Описанное приспособление использовалось при дорожных испытаниях в течение месяца. За весь этот период не было отмечено ни одной неисправности в его работе.

Поступила в редакцию  
17 февраля 1959 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

**ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА МАСЛА В ГИДРОСИСТЕМАХ  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНОВ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ****В. И. САНЕВ**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

В состав автоматических линий входит большое количество станков с гидроприводом. Как показывают наблюдения, значительное влияние на устойчивость движения транспортных органов этих станков оказывает нагрев масла в гидросистемах. Циркулирующее в гидросистеме масло подвергается значительным по величине и разнообразным по характеру воздействиям: давлению, сопротивлению в маслопроводах, нагреву от механического трения вращающихся и поступательно движущихся деталей, снижению давления после произведенной работы и, наконец, некоторому охлаждению и успокоению в резервуаре. Температура циркулирующего масла в гидросистемах допускается не выше  $50 \div 60^\circ \text{C}$ .

При более высокой температуре масло делается очень жидким, теряет свои смазывающие свойства и подвергается некоторым химическим изменениям.

С целью изучения влияния нагрева масла в гидросистемах на устойчивость движения транспортных органов деревообрабатывающих станков нами было проведено экспериментальное исследование. Объектами исследования были выбраны два наиболее характерных станка, а именно: 1) цепнодолбежный станок с автоподачей, модель ДЦА-2; 2) карусельно-фрезерный станок фирмы «Машинери» с диаметром рабочего стола — 1500 мм.

В станке ДЦА-2 изучалась зависимость скорости перемещения суппорта от нагрева масла в системе. Температура масла замерялась в масляном баке с помощью термометра с ценой деления  $1^\circ \text{C}$ . При испытании станка в бак заливалось масло «Веретенное 3» с вязкостью  $2,8 \div 3,2$  град Энглера при  $50^\circ \text{C}$ . Масло не содержало влаги, кислот и взвешенных частиц. Температура окружающего помещения была  $20^\circ \text{C}$ . Уровень масла в баке замерялся по маслоуказателю. Бак заливался маслом на полную емкость (24 л). Замер температуры масла и скорости перемещения суппорта производился через каждые 30 мин в течение 10 час. Скорость движения суппорта определялась как средняя на участке 250 мм. Принципиальная электрическая схема записывающего устрой-

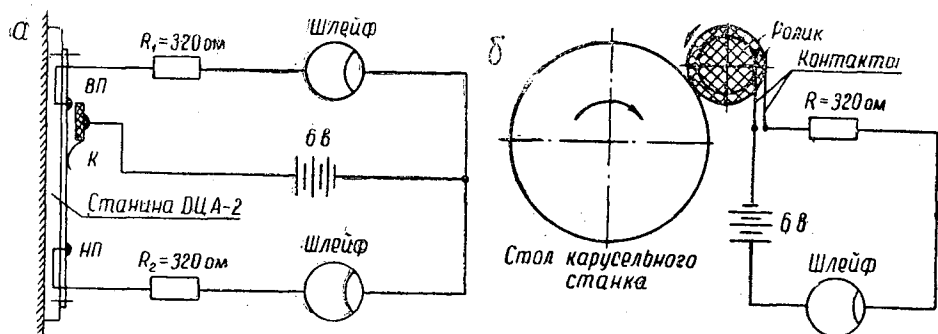


Рис. 1. Принципиальные электрические схемы для записи скорости перемещения транспортных органов станков.

а — для суппорта станка ДЦА-2; б — для стола карусельного станка.

ства показана на рис. 1, а. Запись осуществлялась на пленке осциллографа МПО-2.

В качестве датчика при записи применена прикрепленная на станине станка линейка с двумя позициями, расположенными по высоте на расстоянии 250 мм. На суппорте станка укреплен пружинный контакт. Две позиции и контакт включены в схему записывающего прибора. Питание схемы осуществлялось от аккумулятора с напряжением 6 в. В два плеча схемы были включены шлейфы осциллографа через сопротивление 320 ом.

В качестве отметчика времени был использован шлейф, через сопротивление включенный в сеть с напряжением 127 в. Осциллограммы обрабатывались на увеличителе типа УП-10 с пятикратным увеличением. Замеры производились при трех начальных скоростях движения суппорта, а именно: 20; 50; 80 мм/сек.

В карусельно-фрезерном станке изучалась зависимость числа оборотов стола от температуры масла в гидросистеме. Температура масла замерялась с помощью термометра, установленного в масляном баке. Цена деления термометра  $1^\circ \text{C}$ . При испытании станка в бак заливалось 40 л масла «веретенного 3» с вязкостью  $2,8 \div 3,2$  град Энглера при  $50^\circ \text{C}$ .

Температура окружающей среды при производстве опыта была равна  $18^\circ \text{C}$ . Замер температуры масла и скорости вращения стола производились через 30 мин в течение 8 час.

Запись скорости производилась на пленке осциллографа. Принципиальная измерительная схема установки показана на рис. 1, б. В качестве датчика скорости был использован контактный ролик диаметром 75 мм из текстолита. По цилиндрической поверхности ролика через  $90^\circ$  расположены четыре изолированных контакта. Ролик пружиной поджимается к боковой поверхности стола карусельного станка и приводится во вращение столом станка. К боковой поверхности ролика поджаты две пластинчатые пружины. Пружины замыкаются в общую цепь прибора в тот момент, когда под них подходит контакт ролика. Таким образом, каждый оборот ролика посылает в прибор для записи четыре импульса. Питание электрической схемы осуществляется от аккумулятора напряжением 6 в.

В качестве отметчика времени использован шлейф осциллографа, включенный через сопротивление в сеть напряжением 127 в. Обработка осциллограмм производилась на увеличителе УП-10. Замеры производились для двух начальных скоростей вращения стола станка, равных 0,7 м и 3 об/мин.

Результаты экспериментального исследования станка ДЦА-2. Обработка опытных данных показала, что с момента включения станка температура масла в гидросистеме растет по закону

$$T_x = ae^{bt} + T_0.$$

где  $T_0$  — начальная температура масла в °С;  
 $t$  — время работы станка;  
 $a, b$  — постоянные графика.

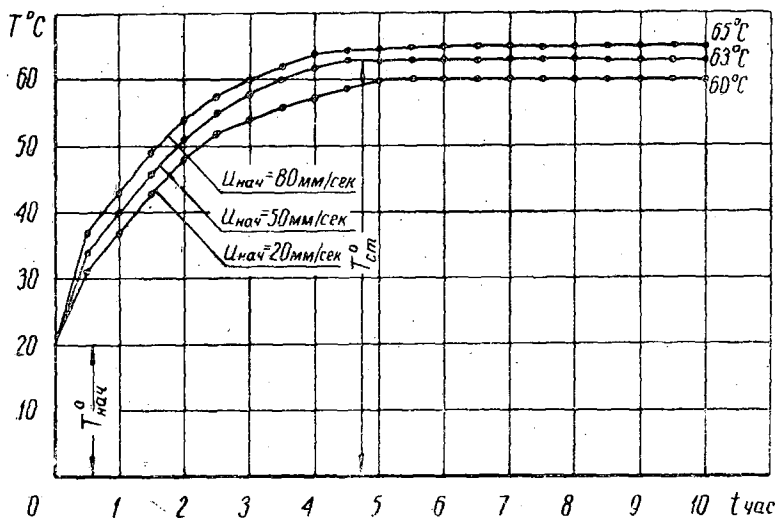


Рис. 2. Зависимость температуры масла в баке от времени работы станка ДЦА-2.

Графики функции  $T = f(t)$  приведены на рис. 2. Из этих графиков можно видеть, что при температуре помещения 20°С и выше наиболее интенсивное повышение температуры происходит в первые часы работы станка. Затем кривые становятся параллельными оси абсцисс и наступает «температурное равновесие». Из графиков видно, что температурное равновесие для всех случаев подачи суппорта наступает после 4 ÷ 5 час работы станка. Величина температурного равновесия функционально связана с начальной скоростью подачи суппорта. Чем выше начальная скорость подачи суппорта, тем выше предел температурного равновесия. Для скорости подачи  $U_{нач} = 20$  мм/сек температурный предел равен 60°С, а для  $U_{нач} = 80$  мм/сек — 65°С. Отсюда можно сделать вывод, что чем выше начальная скорость движения суппорта, тем больше повышение температуры масла в гидросистеме. Повышение температуры масла объясняется наличием трения масла о стенки маслопровода, нагревом от вращательных и поступательно двигающихся деталей, наличием трения между маслом и стенками перепускных отверстий золотников.

Повышение температуры масла влияет в первую очередь на его вязкость, снижающуюся при нагреве, в связи с чем меняется пропускная способность перепускных отверстий золотников, то есть изменяется коэффициент расхода. В силу этого обстоятельства, при отсутствии утечки масла через уплотнения стыков, повышается скорость подачи суппорта. Для того чтобы можно было сравнить изменения различных скоростей подачи, на графике (рис. 3) представлена зависимость

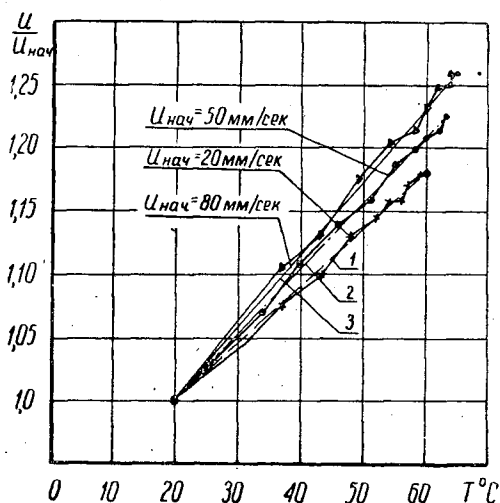


Рис. 3. График функции

$$\frac{U}{U_{\text{нач}}} = f(T^{\circ}\text{C}) \text{ для станка ДЦА-1.}$$

$$\frac{U}{U_{\text{нач}}} = f(t^{\circ}),$$

где  $U$  — величина скорости подачи суппорта при данной температуре, мм/сек;

$U_{\text{нач}}$  — величина скорости подачи суппорта в начале измерения, мм/сек;

$t^{\circ}$  — температура масла в град.

Из графика видно, что зависимость имеет линейный характер в форме

$$\frac{U}{U_{\text{нач}}} = at^{\circ} + b,$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты, зависящие от скорости подачи.

Из графика видно, что в период повышения температуры (4 ÷ 5 час) скорость движения суппорта увеличивается на 18 ÷ 26% от начальной. Чем меньше начальная скорость подачи суппорта, тем меньше разница  $U - U_{\text{нач}}$ . Так для  $U_{\text{нач}} = 20$  мм/сек разница составляет 18% к моменту температурного равновесия, для  $U_{\text{нач}} = 50$  мм/сек — 22,5%, а для  $U_{\text{нач}} = 80$  мм/сек — 26%. Из графиков видно, что скорость подачи суппорта в зависимости от температуры возрастет по линейному закону.

Результаты экспериментального исследования карусельно-фрезерного станка «Машинери». Обработка опытных данных показала, что температура масла в гидросистеме станка со временем изменяется по закону (см. рис. 4)

$$T'_x = Ae^{Bt} + T'_0,$$

то есть формально близкому к закону изменения температуры в станке ДЦА-2. Чем больше начальное число оборотов стола, тем интенсивнее рост температуры масла в системе. Так при  $n_{\text{нач}} = 0,6$  об/мин температурное равновесие наступило через два часа непрерывной работы станка, а для  $n_{\text{нач}} = 3$  об/мин — через 1,5 час.



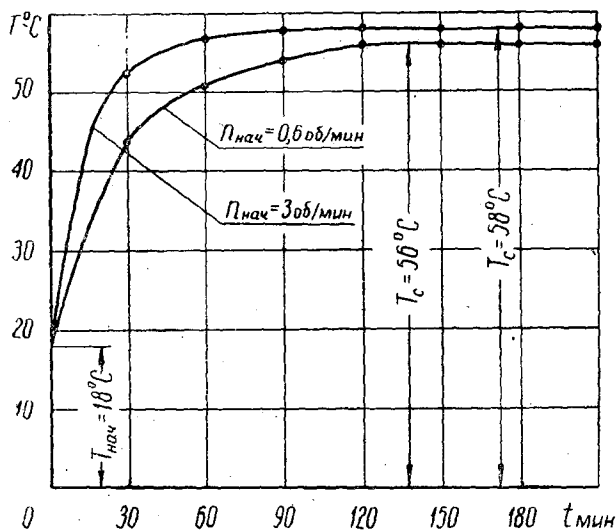


Рис. 4. График зависимости температуры масла в баке карусельного станка от времени работы станка.

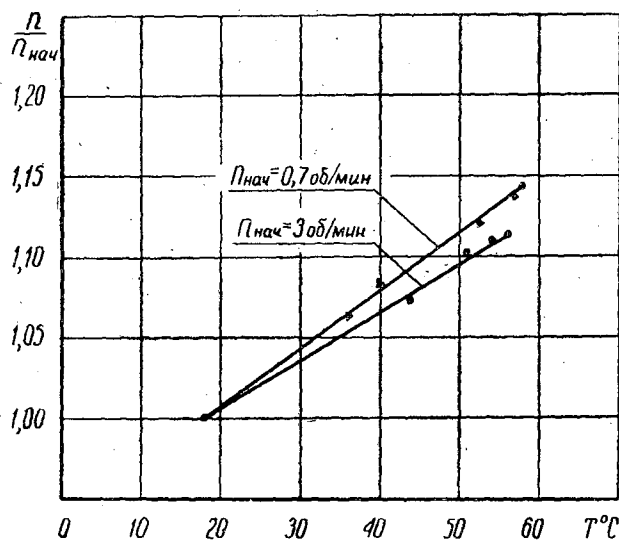


Рис. 5. График функции  $\frac{n}{n_{нач}} = f(T^{\circ}\text{C})$  для карусельного станка;  $n$  — текущее число оборотов стола в мин;  $n_{нач}$  — начальное число оборотов стола в мин.

Предельное значение температуры масла для случая  $n_{нач} = 0,6$  об/мин равно  $56^{\circ}\text{C}$ , а для случая  $n_{нач} = 3$  об/мин  $58^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, чем выше число оборотов гидромотора, тем выше температура масла в гидросистеме.

Это подтверждается и ранее проведенным исследованием работы станка ДЦА. На рис. 5 приведен график функции

$$\frac{n}{n_{нач}} = f(T^{\circ}\text{C}).$$

Из графика видно, что изменение отношения  $\frac{n}{n_{нач}}$  с изменением температуры масла имеет линейный характер и может быть представлено в форме

$$\frac{n}{n_{нач}} = aT^{\circ} + b,$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты, зависящие от числа оборотов стола.

Анализируя график, можно видеть, что число оборотов меняется в пределах 15%. Так для случая  $n_{нач} = 0,6$  об/мин число оборотов за период стабилизации изменилось на 11%, а для  $n_{нач} = 3$  об/мин на 14,8%.

Изменение числа оборотов стола карусельного станка в зависимости от температуры масла также имеет линейный характер.

Анализ полученных данных показывает, что величина скорости подачи транспортных органов станков с гидроприводом, у которых нет устройства для стабилизации скорости, с увеличением температуры масла до момента температурного равновесия растет по линейному закону. Данное обстоятельство следует учитывать при связывании станков в линии. Нам представляется, что можно снизить температуру масла в гидросистемах станков, то есть стабилизировать скорость увеличения транспортных органов, применив ряд искусственных мер, а именно:

1) Увеличить резервуары для масла. Опыты показывают, что чем больше емкость масляного бака, тем ниже предел температурного равновесия систем. В этих условиях увеличивается период успокоения масла.

2) Охлаждать гидросистему при помощи вентиляторов. В линиях это вполне возможно при малых затратах средств.

3) Делать баки с ребристой поверхностью и, если возможно, охлаждать систему водой.

4) Увеличить естественную циркуляцию воздуха внутри станков. Для этой цели следует в станинах станков делать специальные окна для поступления воздуха.

5) Применять автоматическое регулирование скорости движения транспортных органов.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для конкретного осуществления условий синхронизации станков в автоматических линиях.

---

Поступила в редакцию  
5 июня 1959 г.

## УСТОЙЧИВОСТЬ ПИЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА НЕЕ УСИЛИЯ ПОДАЧИ

А. Е. ФЕОКТИСТОВ

Научный сотрудник

(ЦНИИ механической обработки древесины)

Ленточную пилу можно рассматривать как балку (полосу) прямоугольного сечения, у которой одна из главных жесткостей мала сравнительно с другой.

Переменное по величине усилие подачи, воздействующее на пилу в плоскости наибольшей жесткости, может достигнуть такой величины, при которой плоская форма изгиба перестает быть устойчивой. Ось пилы искривляется в плоскости наибольшей жесткости, причем отдельные поперечные сечения пильной ленты поворачиваются.

В случае потери полотном пилы устойчивости плоской формы изгиба пильная лента в процессе пиления начинает выгибаться, давая волнистый и «бочкообразный» пропилен.

Выгибание пильной ленты в пропилене обуславливается динамикой процесса резания, при котором пильная лента, потерявшая устойчивость, в зависимости от воздействия на нее случайных боковых усилий начинает колебаться с весьма малой частотой. Амплитуда колебания зависит как от величины усилия, вызывающего потерю устойчивости, так и от изменения температуры зубчатой кромки и прилегающих к ней участков полотна пилы. При неблагоприятных условиях распиловки, способствующих значительному нагреву режущей части полотна (до 80°C и более) эта часть пилы удлиняется.

Если не принять срочные меры к уменьшению усилия подачи или к устранению причин, способствующих уменьшению величины критического усилия, то, помимо получения брака при распиловке, пильная лента может быстро сползти со шкивов.

Колебания полотна пилы, изменение его температуры и другие явления, сопровождающие процесс пиления, сами по себе не могут быть причиной потери пилы устойчивости плоской формы изгиба. Тем не менее наличие этих явлений и сил, ими вызываемых, способствует уменьшению величины критического усилия подачи, при котором полотно пилы теряет устойчивость.

В литературе не имеется готового решения для определения критической нагрузки, вызывающей потерю устойчивости плоской формы изгиба пильной ленты, растянутой центрально-приложенными или равномерно распределенными силами и нагруженной поперечным усилием подачи, приложенным к ее кромке. Пользуясь методом, изложенным в работе [1], а также данными работы [2], можно получить необходимое решение.

С этой целью следует рассмотреть условия приложения нагрузки (усилия подачи) к пиле, заделки концов расчетной балки (пильной ленты) и т. д.

В процессе пиления усилие подачи не сосредоточено в точке, а действует со стороны древесины на полотно пилы по всей высоте распиливаемого пиломатериала, следовательно, усилие подачи является нагрузкой, распределенной более или менее равномерно по режущей части пилы.

Для упрощения вычислений можно принять, что усилие подачи действует на пилу не как равномерно распределенная, а как сосредоточенная нагрузка, приложенная в центре пролета.

Исследуемая полоса (полотно пилы) узкого прямоугольного сечения (шириной  $b$  и толщиной  $\delta$ ), предварительно растянутая силами  $N$  (которые можно считать центрально-приложенными), изгибается в своей плоскости нагрузкой подачи  $P$ , приложенной к верхнему краю в центре полосы (рис. 1).

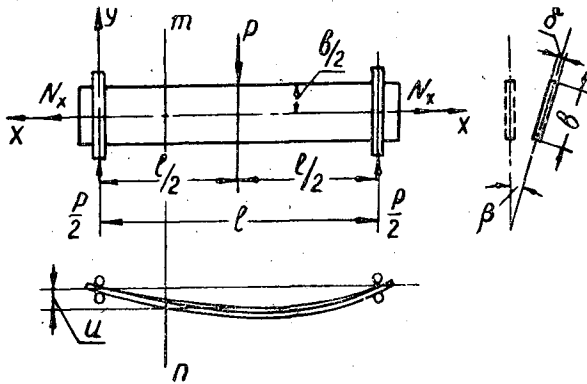


Рис. 1. Схема для расчета.

Допускается, что при деформации концы, находящиеся в шарнирных опорах (направляющих), могут свободно поворачиваться относительно главных осей инерции, параллельно осям  $y$  и  $z$ . Вращению относительно оси  $x$  препятствует специальное устройство. Свободное расстояние между направляющими равно  $l$ . При исследовании использовался энергетический метод. Критическое значение нагрузки, при котором прямолинейная форма равновесия переходит из устойчивого состояния в неустойчивое, определяется из уравнения

$$\Delta v = \Delta T, \quad (1)$$

где  $\Delta v$  — энергия деформации изгиба;

$\Delta T$  — работа, проведенная нагрузкой вследствие изгиба.

Деформация полосы определяется величиной смещения центра поперечного сечения  $U$  в направлении  $z$  и углом  $\beta$ , на который оно поворачивается, и изображается кривой прогибов в форме тригонометрического ряда. Каждый член ряда должен удовлетворять условиям на концах, поскольку каждый член вместе с его второй производной обращается в нуль у концов полосы.

Таким образом, прогибы полосы и изгибающие моменты у концов равны нулю. Но крутящий момент у концов не будет равен нулю, так как концы полосы заделаны в шарнирных опорах. Смещение центра поперечного сечения может быть представлено в виде:

$$U = \bar{U}_1 \sin \frac{\pi x}{l} + \bar{U}_2 \sin \frac{2\pi x}{l} + \bar{U}_3 \sin \frac{3\pi x}{l} + \dots \quad (2)$$

а угол поворота поперечного сечения

$$\beta = \bar{\beta} \sin \frac{\pi x}{l} + \bar{\beta}_2 \sin \frac{2\pi x}{l} + \bar{\beta}_3 \sin \frac{3\pi x}{l} + \dots \quad (3)$$

В случае, когда нагрузка приложена в середине пролета, вычисление критического значения с использованием даже двух первых членов ряда значительно усложняет ход решения. Ошибка же, по сравнению с вычислением, где взят только один первый член ряда, составляет не более 1,5%. Следовательно для нашего случая деформация при изгибе задается уравнениями (2) и (3), причем для нахождения решения используем только первый член ряда каждого уравнения.

Тогда изгибающий момент

$$M_{изг} = B \frac{d^2 U}{dx^2}; \quad (4)$$

крутящий момент

$$M_{кр} = C \frac{d\beta}{dx}; \quad (5)$$

энергия деформации изгиба

$$\Delta v = \frac{1}{2} \int_0^l B \left( \frac{d^2 U}{dx^2} \right)^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^l C \left( \frac{d\beta}{dx} \right)^2 dx, \quad (6)$$

где

$$B = \frac{b\delta^3}{12} E \quad C = \frac{b\delta^3}{B} G$$

$b$  — ширина полотна пилы, мм;

$\delta$  — толщина полотна пилы, мм;

$E$  — модуль упругости стали при растяжении, равный 20000 кг/мм<sup>2</sup>;

$G$  — модуль упругости при сдвиге, равный 8100 кг/мм<sup>2</sup>.

Подставляя в (6) значения вторых производных, получим:

$$\Delta v = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{2} B \bar{U}^2 \frac{\pi^4}{l^3} + \frac{1}{2} C \bar{\beta}^2 \frac{\pi^2}{l} \right]. \quad (7)$$

М. С. Бернштейн [1] для вычисления работы внешних сил при исследовании устойчивости плоской формы изгиба предварительно растянутой полосы использует следующую формулу, данную Брайном [2] для определения работы сил, действующих в срединной плоскости пластинки:

$$\Delta T = \frac{1}{2} \int_0^l \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \left[ N_x \left( \frac{d\omega}{dx} \right)^2 + 2N_{xy} \frac{d\omega}{dx} \cdot \frac{d\omega}{dy} \right] dx \cdot dy, \quad (8)$$

где  $N_x$  — продольные усилия. Для случая растяжения приняты положительные значения;

$N_{xy}$  — касательные усилия, отнесенные ко всей толщине.

$$N_x = \frac{P}{2} \frac{x \cdot v}{l} - \frac{N}{b}. \quad (9)$$

$$N_{xy} = \frac{P}{2} \cdot \frac{3}{4} \left( 1 - \frac{4}{b^2} y^2 \right). \quad (10)$$

Уравнение упругой поверхности полосы выражается следующим образом:

$$\omega = U + \beta y = (\bar{U} + \bar{\beta}y) \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Производные этой функции

$$\frac{d\omega}{dx} = \frac{\pi}{l} (\bar{U} + \bar{\beta}y) \cos \frac{\pi x}{l}. \quad (11)$$

$$\frac{d\omega}{dy} = \bar{\beta} \sin \frac{\pi x}{l}. \quad (12)$$

Подставляя значения (9), (10), (11) и (12) в уравнение (8), получим выражение для определения работы внешних сил, действующих в срединной плоскости пластинки. При этом для упрощения вычислений предполагается, что сила  $P$  приложена в центре поперечного сечения пластинки.

Для этого случая

$$\begin{aligned} \Delta T_1 = & \int_0^l \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \left\{ \frac{P}{2} \frac{xy}{l} \frac{\pi^2}{l^2} (\bar{U}^2 + 2\bar{\beta}\bar{U}y + \bar{\beta}^2y^2) \cos^2 \frac{\pi x}{l} - \right. \\ & \left. - \frac{N}{b} \frac{\pi^2}{l^2} (\bar{U}^2 + 2\bar{\beta}\bar{U}y + \bar{\beta}^2y^2) \cos \frac{\pi x}{l} + \right. \\ & \left. + \frac{3}{2} \frac{P\pi}{bl} \bar{\beta} \left( 1 - 4 \frac{y^2}{b^2} \right) (\bar{U} + \bar{\beta}y) \cos \frac{\pi x}{l} \cdot \sin \frac{\pi x}{l} \right\} dx \cdot dy. \end{aligned}$$

Проинтегрировав это выражение, получим

$$\Delta T_1 = \frac{P}{2} \bar{U} \bar{\beta} \left( \frac{\pi^2}{8} + \frac{1}{2} \right) - \frac{N\pi^2}{b \cdot 4l} (\bar{U}^2 b + \bar{\beta}^2 l). \quad (13)$$

Полученное значение  $\Delta T_1$  есть работа внешних сил при приложении нагрузки к центру поперечного сечения. Очевидно, что приложение нагрузки выше центра уменьшает ее критическое значение, а приложение ее ниже центра производит обратное действие. Для того чтобы определить величину критического значения нагрузки при приложении ее выше центра, необходимо учесть дополнительное понижение точки приложения нагрузки вследствие бокового выпучивания полосы, вызванного вращением среднего поперечного сечения.

Если  $\beta$  — угол вращения, а  $\frac{b}{2}$  — вертикальное расстояние точки приложения нагрузки от центра поперечного сечения, то дополнительная работа  $\Delta T_2$  внешних сил за счет дополнительного понижения точки приложения нагрузки [2]

$$\Delta T_2 = P \frac{b}{2} (1 - \cos \beta) \approx P \frac{b}{4} \beta^2. \quad (14)$$

Тогда полное значение работы внешних сил

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2.$$

Суммируя выражения (13) и (14), получим

$$\Delta T = \frac{P}{2} \left[ \bar{U} \bar{\beta} \left( \frac{\pi^2}{8} + \frac{1}{2} \right) + \frac{b}{2} \bar{\beta}^2 \right] - \frac{N\pi^2}{4bl} (\bar{U}^2 b + \bar{\beta}^2 l). \quad (15)$$

Подставив в уравнение (1) значения (7) и (15) и решив его относительно  $P$ , получим

$$P = \frac{4\pi^2}{l} \cdot \frac{B\bar{U}^2 \frac{\pi^2}{l^2} + C\bar{\beta}^2 + N^2\bar{U}^2 + N\frac{\bar{\beta}^2}{b} I}{\bar{U}\bar{\beta}(\pi^2 + 4) + 4b\bar{\beta}^2}. \quad (16)$$

Для проверки точности полученного энергетическим методом решения сравниваем его с известным точным значением критической нагрузки. При значении продольно приложенной нагрузки  $N=0$  и при приложении поперечной нагрузки к верхнему краю полосы в центре ее поперечного сечения следует применить формулу С. П. Тимошенко

$$P_{\text{кр}} = \frac{16,93\sqrt{B \cdot C}}{l^2} \left( 1 - \frac{3,48 \left( \frac{b}{2} \right)}{l} \sqrt{\frac{B}{C}} \right).$$

Для получения значения критической нагрузки необходимо преобразовать уравнение (16), положив  $N=0$ . С этой целью числитель и знаменатель первой части уравнения разделены на  $\bar{U}\bar{\beta}$  и приняты обозначения

$$\frac{\bar{U}}{\bar{\beta}} = x; \quad B \frac{\pi^2}{l^2} = M; \quad C = K.$$

При изменении величины  $x$  изменяется потенциальная энергия системы. Критическому состоянию полосы соответствует минимальное количество потенциальной энергии. Полагая, что  $y = Mx + K \frac{1}{x}$ , найдя производную  $\frac{dy}{dx}$  и приравняв ее нулю, получим

$$x = \sqrt{\frac{K}{M}} = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{C}{B}}.$$

Тогда значение критической нагрузки

$$\begin{aligned} P_{\text{кр}} &= \frac{4\pi^2}{l} \frac{B \frac{\pi^2}{l^2} \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{C}{B}} + C \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}}{(\pi^2 + 4) + 4b \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}} = \\ &= \frac{8\pi^3 \sqrt{B \cdot C}}{l^2} \cdot \frac{1}{(\pi^2 + 4) \left( 1 + \frac{4b \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}}{\pi^2 + 4} \right)}. \end{aligned}$$

Принимая

$$\frac{4b \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}}{\pi^2 + 4} = \psi,$$

выражение

$$\frac{1}{1 + \frac{4b \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}}{\pi^2 + 4}} = \frac{1}{1 + \psi}$$

можно разложить в ряд по формуле Тейлора

$$\frac{1}{1 + \psi} = 1 - \psi + \psi^2 - \dots$$

Взяв первые два члена ряда, получим

$$P_{кр} = \frac{8\pi^3 \sqrt{BC}}{l^3 (\pi^2 + 4)} \left( 1 - \frac{4b \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{B}{C}}}{\pi^2 + 4} \right) = \frac{17,28 \sqrt{BC}}{l^2} \left( 1 - \frac{1,8 \left(\frac{b}{a}\right) \sqrt{\frac{B}{C}}}{l} \right) \quad (17)$$

Отсюда следует, что для случая приложения нагрузки к центру поперечного сечения ошибка первого приближения составляет примерно 1,5%. В случае же приложения нагрузки к верхнему краю полосы ошибка значительно увеличивается.

Из выражения (16) можно найти решение для  $P_{кр}$  при условии, что на полосу действуют одновременно поперечная и центрально-приложенная продольная нагрузки, причем поперечная нагрузка приложена к верхнему краю центрального поперечного сечения полосы.

Для этого выражение (16) нужно переписать в виде

$$P_{кр} = \frac{4\pi^2}{l} \cdot \frac{\left(N + B \frac{\pi^2}{l^2}\right) \bar{U}^2 + \left(N \frac{l}{b} + C\right) \bar{\beta}^2}{\bar{U} \bar{\beta} (\pi^2 + 4) + 4b \bar{\beta}^2}.$$

Разделив числитель и знаменатель на  $\bar{U} \bar{\beta}$ , полагая  $\frac{\bar{U}}{\bar{\beta}} = x$  и введя обозначения

$$N + B \frac{\pi^2}{l^2} = M, \text{ а } N \frac{l}{b} + C = K,$$

получим

$$P = \frac{4\pi^2}{l} \frac{Mx + K \frac{1}{x}}{(\pi^2 + 4) + 4b \frac{1}{x}}. \quad (18)$$

Для определения критического значения нагрузки необходимо вычислить производную выражения (18) и, приравняв ее нулю, найти значение  $x$ . Тогда

$$x = \frac{-8bM \pm 2\sqrt{16b^2M^2 + K(\pi^2 + 4)^2M}}{2M(\pi^2 + 4)}.$$

Но подкоренное выражение можно представить в виде

$$\sqrt{16b^2M^2 + K(\pi^2 + 4)^2M} = 4bM \sqrt{1 + \frac{K(\pi^2 + 4)^2}{16b^2M}},$$

если обозначить  $\frac{K(\pi^2 + 4)^2}{16b^2M} = \psi$ , то под корнем будет выражение, разлагаемое в ряд

$$\sqrt{1 + \psi} \cong 1 + \frac{1}{2} \psi.$$

Тогда значение  $x$  определяется из равенства

$$x = \frac{-4bM + 4bM + \frac{K(\pi^2 + 4)^2}{8b}}{M(\pi^2 + 4)} = \frac{K(\pi^2 + 4)}{8bM} = \frac{\left(N \frac{l}{b} + l\right) (\pi^2 + 4)}{8b \left(N + B \frac{\pi^2}{l^2}\right)}. \quad (19)$$

Для того чтобы определить критическую величину поперечной нагрузки, то есть усилия подачи, значение  $x$ , вычисленное по формуле (19), подставляется в формулу (20)



$$P_{\text{кр}} = \frac{4\pi^2}{l} \frac{\left(N + B \frac{\pi^2}{l^2}\right) x^2 + N \frac{l}{b} + l}{(\pi^2 + 4)x + 4b}. \quad (20)$$

Для удобства вычислений при практических расчетах усилие натяжения выражается через напряжение, возникающее в полотне пилы от его действия

$$N = b\delta\sigma,$$

где  $\sigma$  — напряжение в полотне в  $\text{кг/мм}^2$ .

Расстояние от верхних и нижних направляющих до распиливаемого пиломатериала при всех высотах пропила примерно одно и то же и в общей сложности равно  $100 \div 120$  мм. Следовательно, свободное расстояние между направляющими обуславливается высотой пропила и равно  $l = (100 \div 120) + h$ , где  $h$  — высота пропила (ширина доски) в мм.

Сравнивая результаты вычислений по формуле (20) с результатами вычислений по известным формулам теории устойчивости (в пределах реальных соотношений размеров ленточных пил, высот пропила и т. п.), можно видеть, что:

а) критическая нагрузка, определенная при условии приложения поперечного усилия к верхнему краю полосы (при всех прочих равных условиях), значительно меньше, чем при приложении поперечной нагрузки в центре поперечного сечения полосы. При этом, чем шире пила, тем больше разница;

б) наличие сил, растягивающих полосу, нагруженную поперечно действующим усилием подачи (при всех прочих равных условиях) увеличивает устойчивость плоской формы изгиба более, чем в два раза.

В табл. 1 приведены полученные расчетным путем (по формуле 20) величины критического значения усилия подачи, вызывающего потерю устойчивости плоской формы изгиба полотна пилы при различных соотношениях толщины  $\delta$  и ширины  $b$  пилы, усилия ее натяжения  $\sigma$  и свободной длины пилы между направляющими  $l$ .

Из данных табл. 1 можно видеть следующее:

1. Увеличение устойчивости связано с увеличением толщины пилы степенной зависимостью, то есть при незначительном увеличении толщины пилы, при всех прочих равных условиях, значительно повышается ее устойчивость.

2. Влияние ширины полотна пилы на устойчивость плоской формы изгиба, при всех прочих равных условиях, незначительно. При увеличении ширины пилы вдвое ее устойчивость повышается максимум на 30%. Чем больше усилие натяжения, тем меньше возрастание устойчивости плоской формы изгиба с увеличением ширины пилы. Чем больше толщина пилы, тем меньше влияет ширина пилы на увеличение ее устойчивости.

3. Устойчивость плоской формы изгиба, при всех прочих равных условиях, обратно пропорциональна свободному расстоянию между направляющими.

4. Увеличение силы натяжения (или напряжения от действия этой силы, что одно и то же) на устойчивость плоской формы изгиба значительного влияния не оказывает.

При увеличении усилия натяжения вдвое устойчивость плоской формы изгиба полотна пилы увеличивается примерно на 10%.

Для проверки правильности всех этих положений, а также с целью определения степени соответствия вычисленных по формуле (20) крити-

Таблица 1

		b=1,2 м.м					b=1,4 м.м								
		70	90	110	140	170	90	110	140	160	180	200	220		
b в м.м	200	104,5	111,8	117,1	124,5	155,3	170,2	181,7	194,4	283,1	317,8	326,9	334,2	339,7	343,4
	300	70,1	74,5	77,6	82,9	103,5	113,5	121,5	129,6	188,7	211,8	217,9	222,8	226,5	228,9
l м.м	400	52,5	55,8	58,1	62,1	76,6	85,1	90,9	97,2	141,6	158,9	163,5	167,1	169,5	171,7
	500	42,0	44,7	46,6	49,8	62,1	68,1	72,7	77,7	113,2	127,1	130,8	133,7	135,9	137,4
2000	10,5	11,1	11,6	12,4	15,5	17,0	18,2	19,4	28,3	31,8	32,7	33,4	33,9	34,3	
$\sigma = 4 \text{ кг/м.м}^2$															
b в м.м	200	110,5	113,1	119,8	127,8	181,7	194,4	203,6	211,6	297,7	328,8	336,1	343,4	347,1	350,7
	300	73,1	77,5	79,3	84,2	121,1	129,6	135,7	141,1	198,5	219,2	224,1	228,9	231,4	233,8
l м.м	400	54,4	57,7	59,8	62,7	90,8	97,2	101,8	105,8	148,9	164,4	168,0	171,7	173,5	175,4
	500	43,6	47,9	48,4	50,5	72,7	77,7	81,4	84,6	119,1	131,5	134,4	137,4	138,8	140,3
2000	10,8	11,5	11,9	12,5	18,2	19,4	20,3	21,3	29,8	32,9	33,6	34,3	34,7	35,1	
$\sigma = 6 \text{ кг/м.м}^2$															
b в м.м	200	113,8	119,8	125,1	127,1	188,6	200,1	208,2	216,2	308,7	336,1	343,4	345,3	348,9	352,6
	300	75,9	79,9	83,4	84,8	125,7	133,4	138,8	144,1	205,8	224,1	228,9	230,3	232,6	235,1
l м.м	400	56,9	59,9	62,6	63,6	94,3	100,1	104,1	108,1	154,4	168,1	171,1	173,6	174,5	176,3
	500	45,5	47,9	50,1	50,9	75,4	80,1	83,3	86,5	123,5	134,5	137,4	138,6	139,6	141,0
2000	11,4	12,0	12,5	12,7	18,9	20,0	20,8	21,6	30,9	32,2	33,6	34,6	34,9	35,3	
$\sigma = 8 \text{ кг/м.м}^2$															
b в м.м	200	117,1	121,8	125,8	127,8	193,2	204,8	211,7	218,6	316,1	341,6	345,9	348,9	350,9	354,4
	300	78,1	81,2	83,9	85,2	128,8	136,5	141,1	145,7	210,7	227,7	230,2	232,6	233,9	236,3
l м.м	400	58,6	60,9	62,9	63,9	96,6	102,4	105,8	109,3	158,0	170,8	172,7	174,5	175,8	177,5
	500	46,9	48,7	50,3	51,1	77,3	81,9	84,7	87,4	126,4	136,6	138,1	139,6	140,7	141,8
2000	11,7	12,2	12,6	12,8	19,3	20,5	21,2	21,8	31,6	34,2	34,5	34,9	35,2	35,4	
$\sigma = 10 \text{ кг/м.м}^2$															

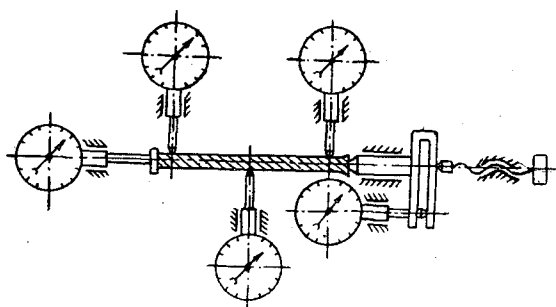


Рис. 2. Общий вид и схема действия приспособления для создания нагрузки в наибольшей плоскости пилы и для замеров ее отклонений под действием этой нагрузки.

ческих величин истинным усилиям, действующим на пилу, были проведены специальные опыты.

В первой группе опытов к кромке пилы в плоскости ее наибольшей жесткости на равном расстоянии от направляющих, при помощи специального приспособления прикладывалось точно регулируемое статическое давление. Все отклонения пилы от ее первоначального положения фиксировались с помощью индикаторов с точностью  $0,01 \text{ мм}$  (рис. 2). При этом зазор между пилой и направляющими специальной конструкции поддерживался в пределах следующих градаций: 1) от 0 до  $0,05 \text{ мм}$ ; 2) от  $0,05$  до  $0,1 \text{ мм}$ ; 4) от  $0,15$  до  $0,2 \text{ мм}$ ; 5) от  $0,25$  до  $0,3 \text{ мм}$ .

В связи с тем, что в СССР, в соответствии с ГОСТом 6532—53 на пилы ленточные, изготавливаются делительные ленточные пилы толщиной только в  $1 \text{ мм}$ , опыты были проведены на них. Ширина опытных пил (без зубьев) была равна  $90$ ;  $110$  и  $140 \text{ мм}$ . Свободное расстояние между направляющими, замеренное по их центрам, принималось  $200$ ;  $300$  и  $400 \text{ мм}$ . Опыты проводились при напряжениях от силы натяжения, равных  $4$ ;  $6$ ;  $8$  и  $10 \text{ кг/мм}^2$ .

Опытами установлены следующие соотношения между расчетной и фактической нагрузкой при различных расстояниях между полотном пилы и направляющей:

$0,00$ — $0,05 \text{ мм}$  — критические значения нагрузки, вычисленные по формуле, примерно на  $4$ — $8\%$  больше определенных опытным путем;

0,05—0,1 мм — расчетная величина нагрузки больше опытной на 10—20%;

0,15—0,2 мм — расчетная величина нагрузки больше опытной на 15—30%;

0,3 мм — расчетная величина нагрузки была больше опытной на 30—70% и более.

При этом, чем больше расстояние между направляющими, тем больше разница между расчетной и опытной нагрузкой.

Вторая группа опытов проводилась в процессе распиловки еловых (и сосновых) пиломатериалов влажностью от 10 до 20% и шириной (высотой пропила) 100; 200 и 300 мм.

Опыты проводились на специальной ленточнопильной установке подупроизводственного типа. Измерительные узлы, основанные на применении проволочных тензочувствительных сопротивлений в 400 Ом с базой в 20 мм, были сконструированы и расположены так, что дали возможность раздельно записывать составляющую усилия резания и подачи. Запись усилий производилась с помощью осциллографа завода «Геофизика» ОТ 24—51.

Для большей сопоставимости результатов подопытный пиломатериал подбирался более или менее одинаковым по физико-механическим свойствам. Величина усилия подачи для досок одной высоты определялась, при всех прочих равных условиях, как средняя из десяти резов. Скорость резания была равна 45 м/сек. Угловые параметры:  $\gamma = 25^\circ$ ;  $\alpha = 15^\circ$ . Профиль зуба — первый. Шаг зубьев — 40 мм. Скорость подачи была 10; 20; 30; 40; 50 и 60 м/мин, что составляло подачу на зуб равную соответственно 0,15; 0,3; 0,45; 0,6; 0,75; 0,9 мм. При проведении основных опытов напряжение в полотне пилы составляло 6 кг/мм<sup>2</sup>. Для проверки влияния усилия натяжения на устойчивость пилы на шкивах проводились специальные контрольные опыты с величиной напряжения в 8 кг/мм<sup>2</sup>.

Для проверки расчетных положений оказалось вполне достаточным проведение опытов на пилах двух ширин полотна 90 и 140 мм (без зубьев).

Опыты этой группы были разделены на три серии.

В первой серии зазор между пилой и направляющими составлял 0,05—0,1 мм, так как провести опыты при зазоре в 0,00—0,05 мм практически невозможно. Во второй серии опытов зазор выдерживался в пределах от 0,15 до 0,2 мм. В третьей он был 0,25—0,3 мм. Результаты экспериментального определения усилия подачи (средняя величина из всех трех серий) приведены в табл. 2. Опыты проведены на несколько затупленных зубьях. До замеров усилия подачи и резания опытные пилы распиливали не менее 25—30 пог. м пиломатериалов высотой 100—125 мм.

Таблица 2

Высота пропила в мм	Условия подачи в кг при скоростях подачи в м/мин					
	10	20	30	40	50	60
100	2,2	2,5	4	4,5	5,5	7
200	5	8,2	9,4	13	14,9	19
300	7	13,6	17	20	25	27,5

Следует отметить, что величина зазора между пилой и направляющими влияет как на мощность, затрачиваемую на преодоление сил тре-

ния между пилой и направляющими, так и на изменение температуры полотна пилы.

В первой серии опытов только на преодоление сил трения между пилой и направляющими затрачивалось от 1,5 до 2 квт, во второй от 0,75 до 1 квт, и в третьей от 0,25 до 0,75 квт. Температура полотна пилы, замеренная с помощью полупроводниковых сопротивлений типа ТШ-1 и записанная с помощью осциллографа ОТ 24-51, только за счет трения о направляющие повысилась на 8—15°С. Во второй серии опытов повышение температуры полотна пилы за счет трения о направляющие составляло 5—9°С, а в третьей — около 6°С. Как правило, середина пилы была более холодной, чем ее края. Потеря полотном пилы устойчивости плоской формы изгиба контролировалась по прямолинейности пропила и сходу пилы со шкивов. Для более полного исключения влияния случайных факторов на устойчивость пилы опыты производились на тщательно выверенном станке и пилой, подготовленной с соблюдением всех необходимых требований.

Прямолинейность пропила определялась визуально, при наложении на пластъ доски контрольной линейки длиной — 1—2 м, а также посредством замеров толщины образца после распиловки с помощью штангенциркуля. Замеры производились, как минимум, в шести точках доски (рис. 3). Кроме того, при необходимости замерялась толщина доски по середине ее высоты по тем сечениям, где производились и основные замеры.

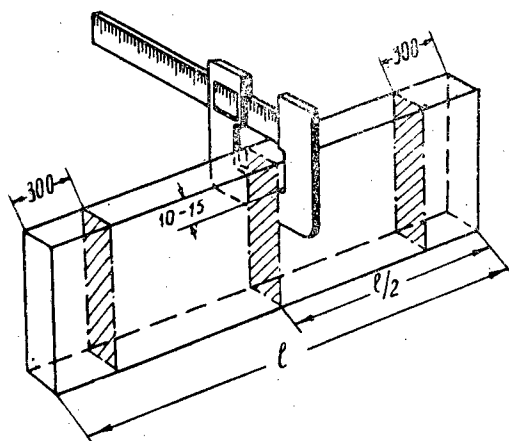


Рис. 3. Схема замеров толщины досок.

Опыты позволили установить следующее:

а) При зазоре между пилой и направляющими 0,05—0,1 мм при всех высотах пропила и скоростях подачи пропил был прямолинейным (отклонения от номинала составляли  $\pm 0,8 \div 1$  мм, что допускается ГОСТом 8486—57). Следовательно, несмотря на динамику процесса, нагрев полотна пилы, ее колебания и влияние других факторов, усилие подачи не достигло критического значения. Величина усилия, вызывающего потерю устойчивости работающей пилы, из-за влияния этих факторов, сопутствующих пилению, несомненно значительно ниже расчетной.

б) При зазоре между пилой и направляющими несколько более 0,2 мм уже при распиловке пилыматериала с высотой пропила в 200 мм при скорости подачи в 50 м/мин была замечена волнистость пропила с наибольшей высотой волны в 3—4 мм. При распиловке с высотой пропила в 300 мм непрямолинейность пропила появилась уже при скорости

подачи в 20 м/мин. Чем больше была скорость подачи, тем больше была непрямолинейность пропила, достигающая 10÷12 мм при скорости подачи в 60 м/мин. Кроме того, в этом случае при скоростях подачи более 20 м/мин появилась значительная «бочкообразность» пропила. При этом толщина у кромки доски была на 8—10 мм меньше, чем в средней части по высоте доски.

В данном случае потеря плоской формы изгиба происходила при усилии подачи в 8 раз меньше расчетного. Прежде всего это объясняется наличием значительных зазоров между пилой и направляющими, а также действием факторов, сопутствующих процессу пиления. Влияние этих факторов на устойчивость полотна пилы в момент потери полотно этой устойчивости резко возрастает. Так, при появлении значительной бочкообразности пропила температура полотна пилы повысилась до 75—80° С, что, в свою очередь, несомненно отразилось на увеличении отклонения режущей кромки от прямолинейного направления.

В результате проведения теоретического и экспериментального исследования устойчивости плоской формы изгиба полотна делительных ленточных пил для станков типа ЛД-140 можно сделать следующие краткие выводы:

1. Формула, полученная в результате теоретического исследования, дает возможность определить влияние на устойчивость плоской формы изгиба пилы, а следовательно на прямолинейность распиловки и устойчивость пилы на шкивах таких факторов как толщина и ширина пилы, усилие ее натяжения и свободное расстояние между направляющими, а также позволяет дать количественную и качественную их оценку.

2. Экспериментальное исследование позволило установить, что расчетные значения критического усилия подачи повышены по сравнению с данными практики. Это происходит, в основном, из-за наличия практически необходимых зазоров между пилой и направляющими.

При величине зазора между пилой и направляющими не более 0,1 мм устойчивость плоской формы изгиба в процессе пиления приближается к расчетной.

3. В результате проведения опытов, а также на основании наблюдений за работой направляющих в производственных условиях выявлена необходимость в разработке конструкции направляющих нового типа. Основной идеей новых направляющих является автоматическое регулирование величины зазора, так чтобы она постоянно, по всей ширине полотна пилы, находилась бы в заданных пределах.

4. Ввиду того, что величина натяжения в исследованных пределах от 4 до 10 кг/мм<sup>2</sup> на устойчивость плоской формы изгиба значительного влияния не оказывает, она должна назначаться, исходя прежде всего из условий устойчивости пилы на шкивах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. С. Бернштейн. Тезисы доклада «Об устойчивости плоской формы изгиба растянутой полосы». Сб. тезисов докладов на научно-технической конференции. Издание МЛТИ, М., 1958. [2]. С. П. Тимошенко. Устойчивость упругих систем. Государственное издательство технико-теоретической литературы, М., 1955.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ОПИЛОК МЕТОДОМ БИЕНИЙ ДВУХ ГЕНЕРАТОРОВ

**А. П. БЕРСЕНЕВ**

Кандидат технических наук

(Институт промышленных зданий и сооружений АС и А СССР)

**Ю. Д. КОЛПАКОВ**

Инженер

(Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова)

Существует несколько методов определения влажности древесины. Однако даже наиболее распространенный и точный весовой метод и метод Дина и Старка трудоемки и требуют длительного времени для работы. Это заставляет разрабатывать другие, более быстрые и легкие способы. Все более широкое практическое применение находят электрометрические методы определения влажности древесины. В промышленной практике встречаются электровлагомеры двух типов: сопротивления и емкости.

Одним из первых в СССР был электровлагомер конструкции ВИАМ. Прибор ВИАМ-Э дает возможность измерять влажность древесины в пределах от 7 до 28% с точностью 1—1,5%. Недавно ЦНИИМОД разработал новый тип электровлагомера (ЦНИИМОД-2), получивший значительное распространение на предприятиях. Он основан на принципе изменения электропроводности в зависимости от влажности древесины путем измерения ее удельного сопротивления. Прибор пригоден для определения влажности в пределах от 7—8 до 25—30%; средняя погрешность  $\pm 0,5\%$ , наибольшая  $\pm 1,5\%$ . Для определения влажности образца требуется 1—2 мин. Определять влажность выше точки насыщения волокна нельзя, так как электропроводность древесины в этом случае почти не меняется. Практически ошибка определения влажности древесины значительно выше указанной и достигает 2—3%, что объясняется неравномерностью распределения влаги по сечению сортимента, особенно при увлажнении поверхности древесины атмосферной влагой.

Задача создания вполне совершенного типа электровлагомера до конца еще не разрешена; эта работа требует продолжения.

Кафедрой теоретической физики Уральского политехнического института им. С. М. Кирова и лабораторией сохранения и использования древесины Института промышленных зданий и сооружений был разработан метод определения влажности древесины, основанный на измерении ее диэлектрической проницаемости, и принципиальная схема прибора\*.

\* Принципиальная схема прибора, подробное описание его конструкции и работы являются предметом самостоятельной статьи.

## Теоретические основы и принцип действия прибора

Если известна емкость образца и его геометрические размеры, диэлектрическую проницаемость можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon = \frac{4\pi\delta C}{S} \quad (1)$$

где  $S$  — площадь диэлектрика (образца);  
 $\delta$  — толщина диэлектрика (образца);  
 $C$  — емкость диэлектрика.

Емкость образца древесины измерялась на специальной установке, в основу работы которой положен метод биений двух генераторов (рис. 1).

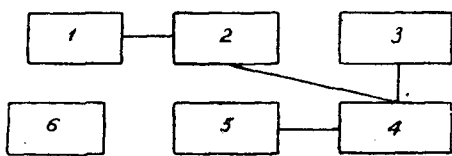


Рис. 1. Блок-схема прибора.

1 — конденсатор-датчик; 2 — генератор переменной частоты; 3 — генератор, стабилизированный кварцем; 4 — смеситель; 5 — индикатор; 6 — источник питания.

Один генератор имеет постоянную частоту, стабилизированную кварцем, а другой — переменную, «плавающую» (частоту, которая зависит от величины емкости колебательного контура генератора).

По измеренным емкости образца и геометрическим размерам рассчитывается его диэлектрическая проницаемость, и по кривой  $\varepsilon - W$  определяется влажность образца.

Образцы древесины (с сечением в виде диска или квадрата) диаметром (стороной квадрата) —  $D$  мм и толщиной —  $\delta$  мм помещаются в специальный конденсатор-датчик (рис. 2). Это плоскопараллельный конденсатор с круглыми обкладками. Расстояние между обкладками постоянное, равное  $\Delta$  мм. Индикатор установки показывает разбаланс (биения) генераторов  $\Delta C$ , настроенных на нулевые биения, когда в конденсаторе-датчике нет образца.

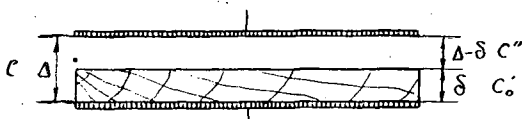


Рис. 2. Конденсатор-датчик.

$C$  — емкость конденсатора-датчика с образцом;  
 $C_0$  — емкость образца;  $C''$  — емкость воздушного конденсатора.

Емкость конденсатора-датчика находится по формуле

$$C = C_{\text{дат}} + \Delta C. \quad (2)$$

$C_{\text{дат}}$  — емкость конденсатора-датчика без образца рассчитывается, исходя из формулы (1).

$$C_{\text{дат}} = \frac{S_{\text{обр}} \cdot \varepsilon}{4\pi\Delta}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость воздуха;  
 $\Delta$  — расстояние между обкладками;  
 $S$  — площадь образца.



При расчете учитывалась площадь образца, так как только в зависимости от объема его ( $S_{\text{обр}} \times \Delta$ ) изменяется емкость конденсатора-датчика. При этом диаметр обкладок конденсатора для исключения краевого эффекта должен удовлетворять условию  $D_{\text{обкл}} \geq 10\Delta$ . Поясним сказанное следующим образом. Конденсатор-датчик (рис. 2), можно представить как последовательное соединение двух воздушных конденсаторов  $C''$  и  $C'_0$  толщиной  $\Delta - \delta$  и  $\delta$  соответственно и площадью  $S_{\text{обр}}$ . Зная все величины, можно рассчитать емкость конденсатора-датчика, когда в нем нет образца. И так как прибор настроен на нулевые биения, то, следовательно, измеряемая емкость равна расчетной. При помещении в конденсатор-датчик образца в последовательном соединении конденсаторов воздушный конденсатор  $C'_0$  заменяется на конденсатор из древесного диэлектрика: при этом, естественно, увеличивается общая емкость последовательно соединенных конденсаторов. Это увеличение емкости  $\Delta C$  и показывает прибор. Прделав несложные арифметические действия, которые приведены в статье, можно рассчитать  $\epsilon$  и по кривой  $\epsilon - W$  определить влажность образца древесины.

$\Delta C$  — приращение емкости конденсатора-датчика при помещении в него образца рассчитывается по формуле

$$\Delta C = m \cdot k \cdot n, \quad (4)$$

где  $m$  — множитель шкалы;

$k$  — постоянная прибора РР на одно деление шкалы;

$n$  — величина в делениях шкалы, пропорциональная разбалансу (биениям) генераторов, отсчитывается по индикатору.

Зная емкость конденсатора-датчика  $C$  и емкость воздушного конденсатора  $C''$  (рис. 2), можно найти емкость образца

$$C'_0 = \frac{C \cdot C''}{C'' - C}. \quad (5)$$

По вычисленной емкости образца и его геометрическим размерам при помощи формулы (1) находится диэлектрическая проницаемость

$$\epsilon = \frac{4\pi\delta \cdot C'_0}{S_{\text{обр}}}. \quad (6)$$

Затем по графику, на котором по оси ординат отложены значения  $\epsilon$ , а по оси абсцисс — влажность  $W$ , определяется влажность древесины, соответствующая вычисленному значению диэлектрической проницаемости образца (рис. 3).

### Методика и результаты экспериментов

Для характеристики древесины как диэлектрика имеет значение диэлектрическая проницаемость, которая показывает, во сколько раз меняется емкость конденсатора, если воздушную прослойку между пластинками заменить такой же прокладкой из древесины. Методикой экспериментов учитывалось, что измеряемая емкость древесины является суммой диэлектрических проницаемостей собственно древесины и влаги, заключенной в ней. В экспериментах использовалась древесина следующих пород: ели, пихты, березы и осины.

Размеры опытных образцов были приняты следующие:  $D = 45$  мм и  $D = 70$  мм, толщина в обоих случаях 2,5; 2,7; 3,0 мм.

Пробы (по 6 шт. каждой породы) приготавливались так, что их толщина считалась в радиальном направлении. Образцы увлажнялись до  $W = 100-120\%$ , взвешивались, обмерялись по диаметру вдоль и попе-

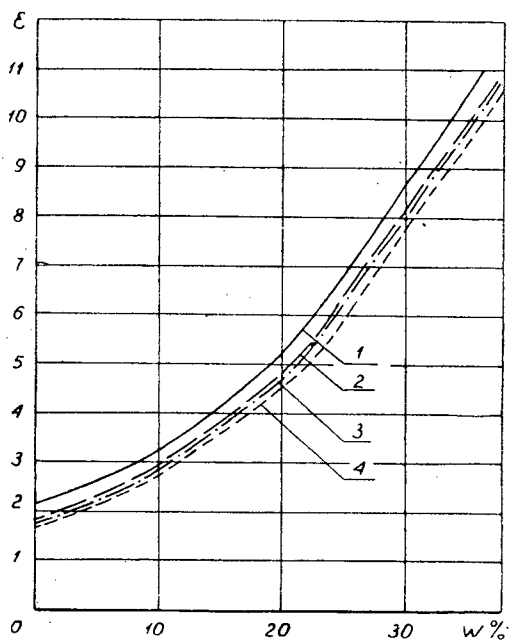


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости древесины от влажности.

1 — береза; 2 — пихта; 3 — осина; 4 — ель.

рек волокон и по толщине, затем помещались в конденсатор прибора, на котором измерялась величина биений. После этого они сушились на воздухе в течение 5—10 мин, затем снова взвешивались и обмерялись; определялось приращение емкости. Это повторялось периодически, причем сушка образцов производилась сначала на воздухе, затем в сушильном шкафу при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  до достижения абсолютно сухого состояния. На графике, приведенном на рис. 3, даны некоторые результаты опытов по определению влажности древесины путем измерения ее диэлектрической проницаемости методом биений.

Как показывает график, между диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и влажностью  $W$  древесины существует четкая зависимость: с уменьшением влажности древесины — диэлектрическая проницаемость уменьшается, что находится в соответствии и с физическими представлениями. При увеличении в образце доли диэлектрика с большей диэлектрической проницаемостью (в данном случае влаги), диэлектрическая проницаемость образца древесины также увеличивается. Для всех исследованных пород строгая зависимость  $\epsilon$  от  $W$  сохраняется до влажности 25—30%. При большей влажности наблюдается значительный разброс значений  $\epsilon$ , что объясняется проводимостью древесины. Кривые  $\epsilon - W$  на рис. 3 (градуировочные кривые) строились для каждой породы. Образцы древесины, как указано выше, увлажнялись и периодически сушились до абсолютно сухого состояния; таким образом получалось 16—18 промежуточных значений влажности. Для каждого значения влажности рассчитывалась диэлектрическая проницаемость по измеренному разбалансу генераторов при помещении в конденсатор-датчик образца и известным геометрическим размерам его. Затем данные расчетов наносились на график и по ним строилась усредненная кривая  $\epsilon - W$ .

Ошибки, допускаемые при определении влажности образцов разных пород древесины, следующие:

1) Береза	$W - 15\%$	ошибка	$\pm 1,0\%$
	$W - 25\%$	»	$\pm 1,5\%$
2) Ель	$W - 15\%$	»	$\pm 1,5\%$
	$W - 25\%$	»	$\pm 2,0\%$
3) Пихта	$W - 15\%$	»	$\pm 0,5\%$
	$W - 30\%$	»	$\pm 1,5\%$
3) Осина	$W - 15\%$	»	$\pm 0,75$
	$W - 25\%$	»	$\pm 1,5\%$

На точность определения влажности образцов могут влиять ошибки, допускаемые при измерении геометрических размеров образцов, но величины их настолько незначительны, что ими можно пренебречь.

Так, например, если измерять толщину образца с точностью 0,5 мм (а такой измерительный инструмент имеется), то относительная ошибка в определении толщины образца в 5 мм составит всего лишь 1%.

Таким образом, погрешность, допускаемая при определении влажности образцов древесины, обусловлена появлением проводящих областей в древесине при влажности больше 25—30%. Следовательно, ошибка, допускаемая при определении влажности древесины от 15%, составляет  $\pm 0,75\%$  и при влажности до 25%  $\pm 1,5\%$ .

В табл. 1 приведены диэлектрические постоянные разных пород древесины в абсолютно сухом состоянии.

Т а б л и ц а 1

Порода	Объемный вес г/см <sup>3</sup>	Диэлектрическая проницаемость
Пихта . . .	0,36	1,67
Ель . . . .	0,46	1,79
Осина . . .	0,50	1,83
Береза . . .	0,64	2,06

Как видим, диэлектрическая проницаемость древесины в абсолютно сухом состоянии зависит от ее объемного веса. Влияние объемного веса на диэлектрическую проницаемость древесины требует дальнейшего углубленного изучения.

\* \* \*

Определение влажности опилок производилось по методике, описанной выше. В связи с тем, что опилки представляют собой рыхлую массу, нельзя было использовать плоский конденсатор-датчик. Для измерения влажности древесных опилок сконструирован цилиндрический конденсатор-датчик. Он состоит из трех коаксиальных цилиндров (рис. 4), крайние из которых являются обкладками конденсатор-датчика, а средний цилиндр — вспомогательный. Средний цилиндр отделяет рабочий конденсатор от согласующего конденсатора. Согласование заключается в том, что когда в рабочий конденсатор помещены очень влажные опилки, то прибором измеряется лишь емкость согласующего конденсатора, так как рабочий конденсатор становится проводящим. Поэтому емкость согласующего конденсатора  $C'$  не превышает максимального предела измерения прибора.

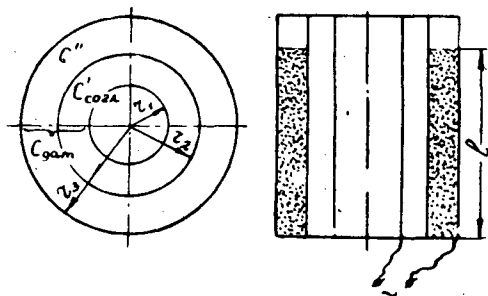


Рис. 4. Цилиндрический конденсатор-датчик.

$C_{\text{дат}}$  — емкость конденсатора-датчика;  $C'_{\text{согл}}$  — емкость согласующего конденсатора;  $C''$  — емкость рабочего конденсатора.

Емкости рассмотренных конденсаторов рассчитываются по следующим формулам:

$$C_{\text{дат}} = \frac{El}{2 \ln \frac{r_3}{r_1}}; \quad (7)$$

$$C'_{\text{согл}} = \frac{El}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}}; \quad (8)$$

$$C'' = \frac{El}{2 \ln \frac{r_3}{r_2}}, \quad (9)$$

где  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  — радиусы цилиндров конденсатора-датчика;

$E$  — диэлектрическая проницаемость;

$l$  — высота заполнения опилками рабочего конденсатора.

Перед измерением прибор (рис. 5 и 6) настраивают на «нулевые» биения. Это значит, что известная расчетная емкость конденсатора-датчика  $C_{\text{дат}}$  суммируется с емкостью колебательного контура генератора «плавающей» частоты. Затем опилки засыпаются в рабочий конденсатор и слегка уплотняются, чтобы не образовывались пустоты. При измерении прибор покажет некоторый разбаланс  $\Delta C$ , так как емкость рабочего конденсатора  $C''$  увеличилась в  $E$  раз и емкость конденсатора-датчика будет уже не  $C_{\text{дат}}$ , а  $C_{\text{дат}} + \Delta C$ .

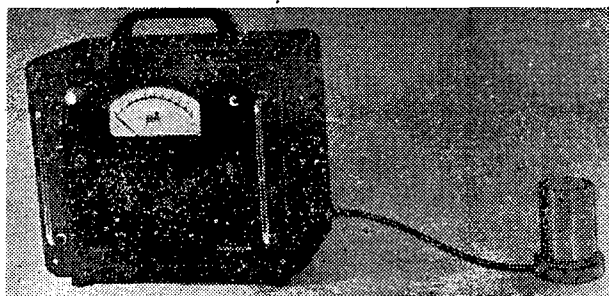


Рис. 5. Прибор для определения влажности древесины и опилок, к которому подключен конденсатор-датчик для определения влажности опилок.

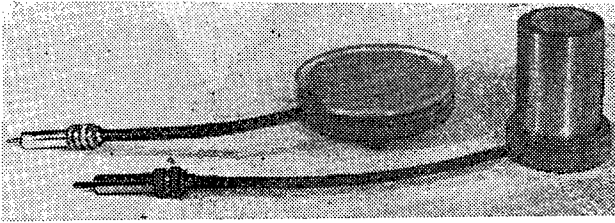


Рис. 6. Конденсаторы-датчики для древесины и опилок.

Емкость рабочего конденсатора с опилками  $C_{\text{опилок}}$  находится по формуле, полученной из формулы емкости двух последовательно соединенных конденсаторов. В ней известна общая емкость  $C_{\text{дат}} + \Delta C$  и емкость одного из последовательно соединенных конденсаторов — емкость согласующего конденсатора  $C'_{\text{соглас}}$  (более подробная методика вывода расчетной формулы  $C_{\text{образца}}$  дана выше, при определении влажности древесины).

$$C''_{\text{опилок}} = \frac{(C_{\text{дат}} + \Delta C) C'_{\text{соглас}}}{C'_{\text{соглас}} - (C_{\text{дат}} + \Delta C)}, \quad (10)$$

где  $\Delta C$  — разбаланс прибора, см;  
 $C'$  и  $C_{\text{дат}}$  — рассчитываются по формулам (8, 7).  
 $E$  — диэлектрическая проницаемость древесных опилок находится по формуле

$$E = \frac{C''_{\text{опилок}}}{C''}, \quad (11)$$

где  $C''$  — емкость воздушного конденсатора (геометрически подобног рабочему конденсатору), которая рассчитывается по формуле (9). Подставляя в формулу (11) значение  $C''_{\text{опилок}}$ , окончательно получим

$$KE = \frac{(C_{\text{дат}} + \Delta C) C'_{\text{соглас}}}{C'' [C'_{\text{соглас}} - (C_{\text{дат}} + \Delta C)]}. \quad (12)$$

Затем по кривой  $KE - W$  находится влажность опилок  $W$ , соответствующая измеренному значению  $KE$ . В формуле (12) величина диэлектрической проницаемости умножается на коэффициент  $K < 1$ , то есть из расчетов получается заниженное значение диэлектрической проницаемости. Эта погрешность возникает от того, что при определении емкости конденсатора-датчика —  $C_{\text{дат}}$  в расчетной формуле не учитывается присутствие среднего цилиндра. Так как средний цилиндр в конденсаторе-датчике закреплен жестко, то коэффициент  $K$  для данного датчика остается постоянным и лишь смещает кривую  $E - W$ , не изменяя характера зависимости диэлектрической проницаемости от влажности опилок.

Кривая зависимости  $E$  от  $W$  строилась следующим образом. Для целого ряда значений влажности древесных опилок, которая определялась весовым методом, измерялись соответствующие им диэлектрические проницаемости и строился график. Этот график для данного конденсатора-датчика является градуировочной кривой, так как у конденсаторов-датчиков других размеров может быть другой коэффициент  $K$ .

Авторами было поставлено пять опытов по градуировке конденсатора-датчика: три опыта с сосновыми опилками и два опыта с березовыми. Для проведения опыта бралась навеска опилок объемом, равным объему

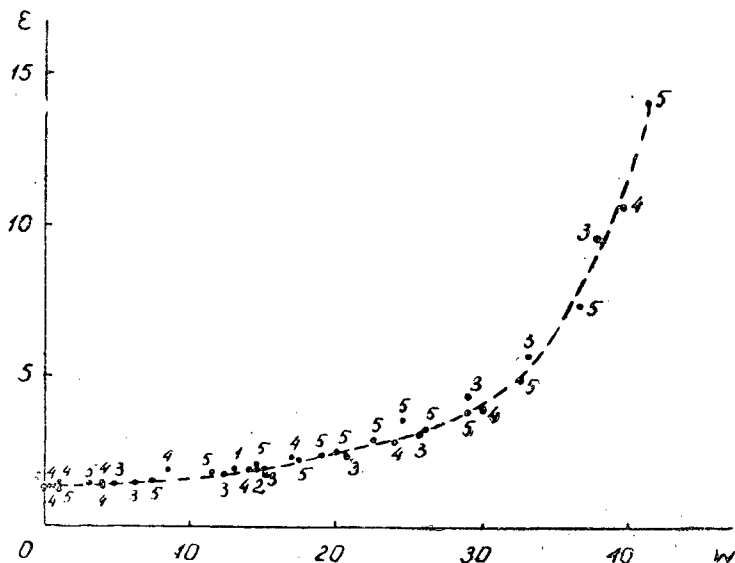


Рис. 7. Зависимость диэлектрической проницаемости сосновых и березовых опилок от их влажности. (Цифрами обозначены номера опытов).

рабсчего конденсатора, и ступенчато сушилась до абс. сухого веса. При сушке объем опилок уменьшался на 10—16%. Эта усадка объема учитывалась измерением величины  $l$  (см. формулы 7, 8, 9). Для каждого значения влажности измерялся разбаланс генераторов и рассчитывалась соответствующая данной влажности диэлектрическая проницаемость по формулам (10) и (11). По результатам измерений строились графики зависимости  $KE-W$ . На рис. 7 приведен общий график для всех опытов.

### Выводы

Принцип действия прибора не является новым, но использование метода биений двух генераторов для измерения емкости образца и последующего расчета его диэлектрической проницаемости для определения влажности древесины и опилок является оригинальным.

Предлагаемый метод обладает рядом преимуществ по сравнению с имеющимися методами определения влажности древесины и является пока единственным экспресс-методом для определения влажности опилок. Весовой метод предпочтительней с точки зрения точности, но уступает предлагаемому по времени определения влажности, что зачастую является решающим. Метод, основанный на измерении электропроводности древесины, обладает серьезным недостатком: для образцов, имеющих влажную поверхность, получаются неправильные значения влажности, как и для образцов, имеющих сухую поверхность, но влажных в середине, следовательно, этим методом определять влажность опилок нельзя.

Основное преимущество предлагаемого метода биений двух генераторов — возможность использования его для непрерывного контроля влажности древесины в автоматизированных технологических процессах деревообработки.

Образцы могут быть любых простых геометрических форм, однако для образцов, размеры которых отличаются в 1,5—2 раза, должны быть изготовлены соответствующие конденсаторы-датчики.

Определение влажности образцов древесины и опилок производится просто и быстро. Для этого нужно знать геометрические размеры образца древесины и разбаланс (биения) генераторов электровлагомера при помещении образца или навески опилок в конденсатор-датчик (фиксируется отброс стрелочного прибора — индикатора). По вычисленному значению диэлектрической проницаемости по кривой  $E - W$  находится влажность образца или опилок.

В заключение можно сказать, что методом биений двух генераторов (измерение диэлектрической проницаемости) можно определять влажность образцов (всех пород древесины) в пределах от 0 до 28—30% включительно, а опилок — от 0 до 40%. Определение влажности древесины и опилок занимает не более 5—10 мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. А. Валитов, В. Н. Сретенский. Радиоизмерение на сверхвысоких частотах. Воениздат, М. 1958. [2]. Е. Г. Момот. Радиотехнические измерения, М.-Л., ГЭИ, 1957. [3]. В. Ю. Рогинский. Электрическое питание радиотехнических устройств. ГЭИ, М.-Л., 1957. [4]. А. И. Туричин. Электрические измерения неэлектрических величин. М.-Л., ГЭИ, 1954.

Поступила в редакцию  
6 апреля 1959 г.

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ ТЕПЛОВОЙ СУШКИ

**В. Н. ПЕТРИ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**П. И. АНАНЬИН**

Аспирант

(Уральский лесотехнический институт)

XXI съезд Коммунистической партии Советского Союза наметил грандиозный план построения коммунизма в нашей стране. Контрольные цифры развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. предусматривают выделение огромных средств на промышленное, жилищное и культурно-бытовое строительство. Предусматривается также значительное развитие деревообрабатывающей промышленности.

Древесина является самым распространенным материалом, повсеместно применяемым в различных отраслях промышленности, в строительстве, сельском хозяйстве и в быту.

Использование сырой древесины приводит в большинстве случаев к существенному ущербу. Несмотря на это, как справедливо отметило в декабре 1956 г. Всесоюзное совещание по интенсификации процессов и улучшению качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельском хозяйстве, основная задача доведения объема искусственной сушки до 50% объема лесопиления остается невыполненной. Выполнение этой задачи, наряду со строительством новых сушильных установок, немыслимо без интенсификации процессов сушки путем увеличения температур и скорости движения сушильного агента при конвективном теплообмене, что позволит снизить капитальные затраты на строительство новых сушильных установок и повысить мощности уже существующих.

Беспредельно повышать температуру агента сушки нельзя, так как известно, что такое повышение может привести к растрескиванию или разложению древесины, а следовательно, и к снижению ее прочности.

Правильное определение качества высушенного материала необходимо для оценки достоинств и недостатков того или иного способа и режима сушки различных сортиментов. Большое значение для оценки и сравнения качественных характеристик имеет методика проведения испытаний, и, особенно, приведение полученных результатов к сравнимым величинам.

Механическая прочность древесины — одна из важнейших ее характеристик. Как известно, с изменением влажности прочность древесины меняется.



При разработке методов исследований физико-механических характеристик древесины в 1929—1935 гг. [3], [5] была принята методика испытания малых чистых образцов, с приведением показателей прочности древесины к влажности 15%.

Для пересчета результатов испытания древесины с разной влажностью к стандартной (15%) была предложена заимствованная из французского стандарта формула

$$A_{15} = A_w [1 + \alpha (W - 15)].$$

В последующие годы все работы [2], [4], [8] были направлены на уточнение  $\alpha$  — коэффициента изменения того или иного показателя прочности при изменении влажности древесины на 1%. При этом, с целью исключения влияния снижения гигроскопичности древесины под действием повышенных температур, образцы перед испытанием высушивались до требуемой влажности при комнатной температуре над водными растворами серной кислоты разной концентрации.

В результате этих исследований были определены механические свойства древесины большинства древесных пород СССР и уточнены значения коэффициента для различных показателей прочности многих пород.

Такая методика испытания была принята в ОСТ ВКС 7653, ОСТ НКЛ 250, в дальнейшем и в действующем в настоящее время ГОСТе 6336—52.

При оценке влияния интенсивных способов и режимов сушки древесины с применением повышенных температур, иногда превышающих 100° С, рядом исследователей [1], [6] описанная методика приведения показателей прочности к стандартной влажности (15%) была принята для оценки влияния сушки на прочность древесины, что нельзя признать правильным. Известно, что повышение температуры при сушке снижает гигроскопичность древесины, а следовательно, после сушки при разных температурных режимах древесина в одних и тех же эксплуатационных условиях будет иметь разную влажность.

Нами была испытана древесина после сушки в комнатных условиях при  $t = 20^\circ$ , после сушки перегретым паром и в петролатуме с температурой 120°.

Для сушки бралась свежесрубленная древесина. Размеры образцов для испытания и метод нагружения были приняты согласно ГОСТу 6336—52.

Образцы из сравнимой древесины после сушки (перед определением их прочности) длительное время до равновесной влажности выдерживались в специальном шкафу, где поддерживалась постоянная температура и относительная влажность воздуха. Влажность воздуха в каждой серии испытания была установлена различная — от 50 до 92%.

Количество образцов в каждой испытываемой партии выбиралось так, чтобы показатель точности не выходил за пределы 5%. Как показала обработка данных методом вариационной статистики, фактически показатель точности был 1,17 — 4%. Средние показатели предела прочности, полученные в результате испытания, сравнивались между собой без пересчета и после пересчета к 15% влажности. Результаты испытаний на сжатие вдоль волокон, статический изгиб и скальвание, вдоль волокон и сравнение показателей приводятся в табл. 1.

Из приведенных в таблице данных видно, что в результате пересчета к 15% влажности показателей прочности древесины, высушенной при разных температурах, происходит искажение относительной прочности ее. Например, при испытании на сжатие вдоль волокон образцов из дре-

Таблица 1

## Сравнение результатов испытаний на механическую прочность древесины после сушки разными способами

Параметры воздуха		Показатели результатов испытаний	Величина показателей, без пересчета к 15% влажности, при различных условиях и температуре сушки			Величина показателей, после пересчета к 15% влажности, при различных условиях и температуре сушки		
температура °С	относительная влажность, %		в комнате, 20°	в петролатуме, 120°	перегретым паром, 120°	в комнате, 20°	в петролатуме 120°	перегретым паром, 120°

## При испытании на сжатие вдоль волокон

20	55	$\sigma$	576,0	621,0	579,0	432,0	425,0	354,0
		$W$	10,0	8,66	7,34			
		$N$		+7,8	+0,5			
20	92	$\sigma$	279,7	305,1	279,2	394,0	370,0	339,0
		$W$	23,1	19,1	19,1			
		$N$		+9,1	-0,2			

## При испытании на статический изгиб в тангентальном направлении

20,4	60	$\sigma$	982,5	994,5		836,3	706,3	
		$W$	11,3	7,71				
		$N$		+1,2				
20	50	$\sigma$	1044,0		942,0	833,7		708,2
		$W$	9,96		8,68			
		$N$			-10,0			
20,5	82	$\sigma$	780,9	804,1		860,8	729,0	
		$W$	17,68	12,62				
		$N$		+3,0				

## При испытании на статический изгиб в радиальном направлении

20,4	60	$\sigma$	834,5	803,8		708,8	573,6	
		$W$	11,2	7,2				
		$N$		-3,7				
20	50	$\sigma$	827,6		875,0	654,3		611,8
		$W$	9,75		7,60			
		$N$			+5,7			
20	82	$\sigma$	663,0	755,6		724,0	700,7	
		$W$	17,3	13,5				
		$N$		+14				

## При испытании на скалывание вдоль волокон в тангентальной плоскости

20,4	60	$\sigma$	76,4	71,1	71,2	63,0	49,3	49,7
		$W$	11,5	8,92	8,96			
		$N$		6,9	-6,8			
22,1	90	$\sigma$	57,18	57,25	66,5	81,4	66,8	81,2
		$W$	23,47	17,74	18,8			
		$N$		+0,1	-16,3			

## При испытании на скалывание вдоль волокон в радиальной плоскости

20	55	$\sigma$	81,1	82,6	80,6	59,4	57,6	51,2
		$W$	10,0	8,96	7,70			
		$N$		+1,8	-0,6			
22,1	90	$\sigma$	76,2	77,0	76,2	95,4	84,7	79,0
		$W$	20,1	17,0	15,8			
		$N$		+1,0	0			

Обозначения:  $\sigma$  — средняя величина предела прочности, кг/см<sup>2</sup>;  $W$  — средняя влажность образцов в момент испытания, %;  $N$  — сравнение показателя предела прочности с пределом прочности образцов, высушенных в комнатных условиях при температуре 20° С, %.

весины, высушенной перегретым паром при температуре  $120^{\circ}$  и выдержанной при температуре  $20^{\circ}$  и влажности воздуха 55%, без пересчета к 15%-ной влажности, получено увеличение прочности на 0,5% по сравнению с образцами, высушенными в комнатных условиях, а после пересчета — уменьшение на 18,0%, то есть искажение результатов сравнения на 18,5%; после сушки в петролатуме испытание на статический изгиб в радиальной плоскости дало снижение прочности на 3,7%, а после пересчета — на 19,1% и так далее.

### Выводы

1. Формула пересчета показателей прочности древесины к 15% влажности по ГОСТ 6336—52 не учитывает изменения гигроскопичности древесины, происходящего в результате тепловой сушки ее. Сравнение прочности древесины, высушенной при разных температурах, после пересчета показателей к 15% влажности приводит к неверному представлению об изменениях прочности, дает искажение фактического изменения показателей — в случае сушки при  $120^{\circ}$  до 18,5%.

2. Для оценки несущей способности древесины после сушки необходимо давать предел прочности ее при влажности, соответствующей определенным параметрам температуры и влажности окружающего воздуха в эксплуатационных условиях.

3. Учитывая, что данные о физико-механических характеристиках древесных пород, произрастающих в Советском Союзе, определялись после сушки без применения высоких температур и приведены к 15% влажности, стандартными параметрами воздуха следует считать:

температуру воздуха —  $20^{\circ}\text{C}$ ,  
относительную влажность — 75%.

Для данных условий равновесная влажность древесины после сушки при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  соответствует 15%.

4. Сравнение показателей прочности древесины после сушки без пересчета к 15% влажности позволит установить влияние температуры на ее прочность и наивысший предел температуры в процессе сушки, при котором не происходит заметного разложения древесины, а следовательно, и снижения ее прочности.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Л. Леонтьев и др. Влияние высокотемпературной сушки древесины сосны на ее физико-механические свойства. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 6, 1957. [2]. Л. М. Перелыгин. Стандартизация методов физических и механических испытаний древесины. М.: 1936. [3]. ОСТ ВКС 7653. Методы физико-химических испытаний древесины. [4]. Е. И. Савков. Исследование физико-механических свойств древесины сосны, ч. I, М., 1930. [5]. Е. И. Савков. Методы физико-механических испытаний древесины. М., 1929. [6]. П. В. Соколов. Ускоренные способы сушки древесины. М.-Л., 1956. [7]. К. К. Тильтиньш. Влияние режимов сушки древесины сосны на ее физико-механические и технологические свойства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Рига, 1958.

Поступила в редакцию  
4 мая 1959 г.

## УСТАЛОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ УГЛАМИ К НАПРАВЛЕНИЮ ВОЛОКОН

А. А. ПОЗДНЯКОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

К настоящему времени накоплен богатый экспериментальный материал по изучению усталости древесины. Известны пределы выносливости почти для всех древесных пород. Но в то же время нет единой методики проведения испытаний древесины на усталость. Большинство таких испытаний проведено на изгиб консольных образцов при вращении, то есть при таком виде напряженного состояния, которое деревянные детали реже всего испытывают. До сих пор нет даже единого мнения о том, имеет ли древесина предел выносливости. Одни исследователи считают, что древесина не имеет истинного предела выносливости [1], [2], [3], другие утверждают, что этот предел достигается при небольшом числе циклов, порядка 5—10 млн. [4], [5], [6], [7]. Третьи отмечают, что предел выносливости древесины достигается при  $3 \cdot 10^7$  циклов [8], [9]. Почти все опубликованные работы, посвященные исследованию усталости древесины, проведены на образцах с расположением волокон вдоль продольной оси симметрии. Таким образом, пределы выносливости древесины изучались для случая действия усилий вдоль волокон. Только в одной работе Фритца [10] приводятся результаты испытаний древесины на усталость поперек волокон. Между тем, знание пределов выносливости в любом направлении по отношению к волокнам древесины необходимо как проектировщикам деревянных конструкций, так и исследователям, занимающимся вопросами усталостной прочности анизотропных материалов.

В настоящей работе была поставлена задача определить пределы выносливости древесины в различных направлениях по отношению к направлению волокон и установить зависимость между ними и пределами выносливости в главных направлениях. В качестве материала выбрана параллельная фанера, склеенная из восьми слоев березового шпона таким образом, что волокна всех слоев параллельны друг другу. Этот материал по своим механическим свойствам очень мало отличается от натуральной древесины березы и имеет одно преимущество по сравнению с ней: кривизна годовичных колец такого материала равна нулю. Это дает возможность изготовить образцы нужной длины в любом направлении по отношению к волокнам. Кроме того, кривизна годовичных колец не позволяет относить древесину в больших объемах к материалам ортотропным. Параллельная же фанера обладает сильно выраженной ортогональной анизотропией, что позволяет применить к ней методы теории упругости анизотропного тела.

Испытания на усталость производились при чистом переменном изгибе. Цикл изменения напряжений был симметричным. Плоскость действия усилий совпадала с продольной плоскостью геометрической симметрии образца. Из параллельной фанеры было изготовлено семь серий образцов с различными углами между направлением волокон и продольной осью геометрической симметрии образца: образцы с направлением волокон вдоль продольной оси образца ( $\alpha = 0^\circ$ ), образцы с направлением волокон под углом  $15^\circ$  к продольной оси ( $\alpha = 15^\circ$ ) и т. д. через  $15^\circ$  до  $\alpha = 90^\circ$ . Испытания проводились на машине ЛКИ-1 и на машине конструкции И. А. Боксберга, созданной на кафедре строительной механики Лесотехнической академии им. С. М. Кирова.

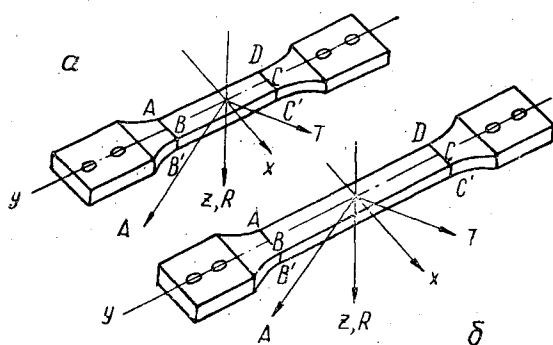


Рис. 1. Образцы для испытаний на усталость: а — образец для машины ЛТА; б — для машины ЛКИ-1.

Образцы для обеих машин имели одну и ту же форму и отличались только размерами: длина средней призматической части образцов машины ЛКИ-1 была 20 см, а машины ЛТА — 9 см. На рис. 1 даны эскизы этих образцов. На рисунке обозначено: А — направление волокон, Т — тангентальное направление, R — радиальное направление, x, y, z — оси геометрической симметрии образца. База испытаний была выбрана  $3 \cdot 10^7$  циклов, так как в литературе отмечалось, что при этой базе является истинный предел выносливости древесины [8], [9].

Образцам задавались прогибы различной величины, которые измерялись в начале испытания индикатором при проворачивании машины от руки. Обе машины представляют кривошипно-шатунные механизмы с переменными радиусами кривошипов. При испытании образца радиус кривошипа сохраняет постоянную величину, следовательно и величина максимальных прогибов образца остается постоянной до момента излома образца.

По измеренной величине прогиба образца определялись действующие в нем напряжения. Так как концы образца жестко закреплены в захватах машины, он испытывает деформацию стесненного изгиба. При этом наибольшие по величине нормальные напряжения  $\sigma_y$  возникают в точках В, В' и D, D'. Напряжения  $\sigma_x$  и  $\tau_{xy}$  в этих точках равны нулю. Максимальные напряжения  $\sigma_y$  находились по величине прогиба в соответствии с решением задачи о стесненном изгибе ортотропного стержня. Кроме этого, подсчитывались средние нормальные напряжения в крайних волокнах по элементарному решению сопротивления материалов для случая чистого изгиба; эти напряжения в дальнейшем названы  $\sigma_{эл}$ .

В каждой серии испытывалось по 20 ÷ 28 образцов, причем на одной ступени нагрузки (при одном радиусе кривошипа) испытывалось по

3—4 образца. Из-за ненадежной конструкции механизма выключения счетчика не всегда удавалось уловить момент разрушения образца. Поэтому для обработки результатов оставалось 14 ÷ 16 образцов.

Результаты опыта обрабатывались статистически по методу получения корреляционного уравнения при малом числе испытаний, разработанному А. К. Митропольским [13]. В последнее время этот метод довольно широко использовался для обработки результатов усталостных испытаний [14], [15], [16], [17]. Результаты опыта изображались в виде графиков в полулогарифмических координатах (рис. 2). При этом на протяжении всей базы испытаний наблюдается линейная зависимость между напряжением и  $\lg N$ : отношение критерия линейности к основной ошибке колеблется в пределах 1,1 ÷ 1,8. Корреляция считается линейной, если это отношение меньше 3 [13]. Зависимость между  $\lg N$  и напряжением получена в виде линейных корреляционных уравнений, которые приведены на рис. 2. В серии образцов с  $\alpha = 45^\circ$  испытания одного образца были продолжены за 30 млн., и он сломался при  $N = 3,8 \cdot 10^7$ . Точка при этом легла на корреляционную прямую (рис. 2, г). Следовательно, при базе испытаний в  $3 \cdot 10^7$  циклов истинный предел выносливости древесины не выявляется, а получаем предел выносливости при ограниченном числе циклов  $N = 3 \cdot 10^7$ . На этом же рисунке нанесены поля рассеивания экспериментальных данных. Выделены поля, соответствующие одной мере индивидуального рассеивания (68,3% данных), двойной (95,4%) и тройной (99,7%) мере индивидуального рассеивания.

Зависимость между показателями статической прочности (пределами прочности) в любом направлении по отношению к волокнам изучена довольно хорошо. Работами Е. К. Ашкенгази [18], [19] установлено, что прочностные свойства древесины являются величинами тензориальными и определяются тензором четвертого ранга. На этом основании получены выражения для прочностных характеристик в произвольном направлении по отношению к направлению волокон древесины. Правильность такого допущения подтверждена в указанных работах результатами статических испытаний различных пород древесины и фанеры, а также результатами испытаний древесины сосны на ударное сжатие [20].

Следует проверить, не распространяется ли этот закон и на показатели усталостной прочности (пределы выносливости). Если пределы выносливости, как и пределы прочности, являются величинами тензориальными и определяются тензором четвертого ранга, то величины пределов выносливости при изгибе под углами  $\alpha$  к направлению волокон определяются следующей зависимостью [19].

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_0}{\cos^4 \alpha + b \sin^2 2\alpha + c \sin^4 \alpha}, \quad (1)$$

где  $\sigma_\alpha$  — предел выносливости при изгибе под углом  $\alpha$  к направлению волокон;  $c = \frac{\sigma_0}{\sigma_{90}}$  и  $b = \frac{\sigma_0}{\sigma_{45}} - \frac{c+1}{4}$ , а  $\sigma_0$ ,  $\sigma_{90}$  и  $\sigma_{45}$  — пределы выносливости при изгибе вдоль волокон ( $\alpha = 0^\circ$ ), поперек волокон ( $\alpha = 90^\circ$ ) и в диагональном направлении ( $\alpha = 45^\circ$ ).

На рис. 3 изображены графики, построенные по этой формуле, и нанесены опытные точки пределов выносливости при  $N = 3 \cdot 10^7$  циклов. Как видно из этого рисунка, опытные данные, подсчитанные по максимальным напряжениям  $\sigma_y$ , довольно близко совпадают с тензориальной кривой. Наибольшие отклонения имеют точки при  $\alpha = 15^\circ$  и  $\alpha = 30^\circ$ , но именно в этих направлениях и наблюдается наибольшее рассеивание экспериментальных данных (рис. 2). Совсем иная картина возникает при сравнении пределов выносливости, подсчитанных по элементарным фор-

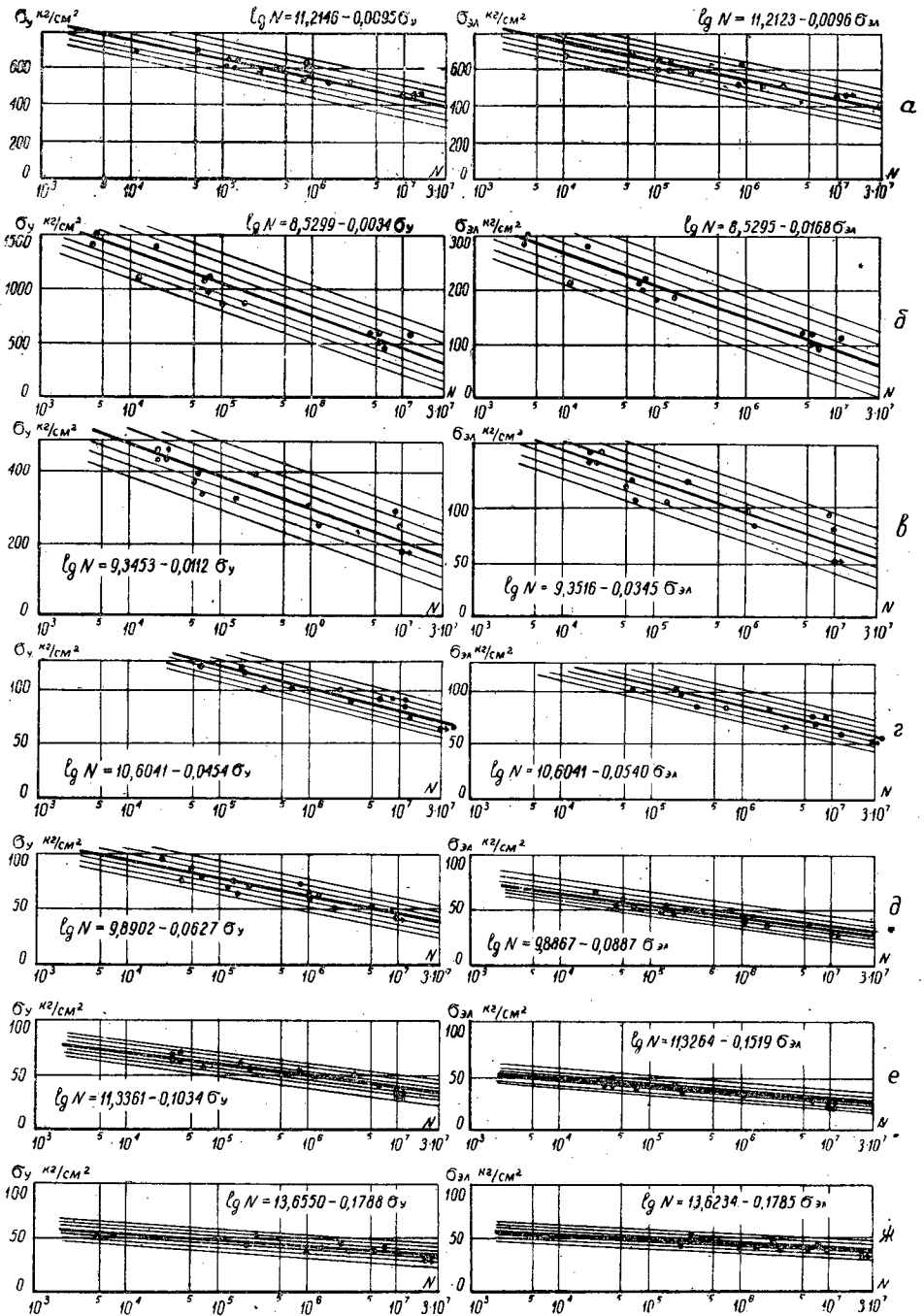


Рис. 2. Результаты усталостных испытаний.

мулам, с тензориальной кривой. Объяснить это можно тем, что по элементарному решению получаются какие-то средние напряжения по ширине поперечного сечения. Трещина же усталости возникает там, где напряжения максимальные (рис. 4) и распространяется далее по направлению волокон. Следовательно, прочность древесины при действии пере-

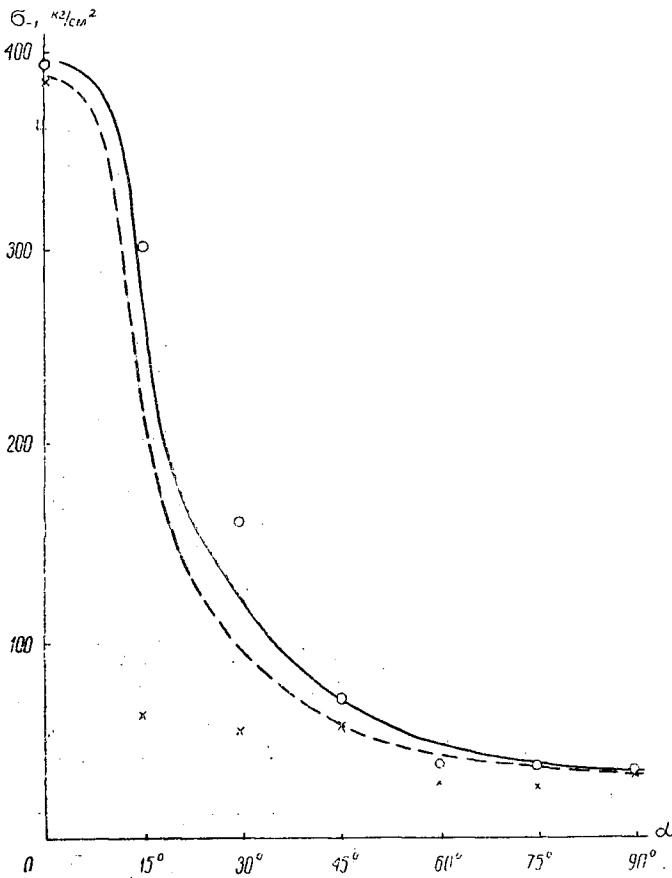


Рис. 3. Зависимость пределов выносливости от угла  $\alpha$ .  
 — тензорная кривая, построенная по максимальным напряжениям;  
 - - - тоже по элементарным формулам;  $\circ$  пределы выносливости,  
 подсчитанные по максимальным напряжениям;  $\times$  тоже по элементарным  
 формулам.

менных напряжений определяется не средними напряжениями, а их максимальной величиной.

Таким образом, при расчете деталей из древесины на действие переменных напряжений нельзя пользоваться обычными формулами сопротивления материалов, дающими осредненные величины напряжений. Следует пользоваться методами теории упругости анизотропного тела для нахождения максимальных величин напряжений. По этим максимальным напряжениям и следует производить расчет.

Интересно отметить, что если в корреляционное уравнение, полученное из обработки усталостных испытаний по элементарным формулам, подставить число циклов  $N=1$ , то получим величину, близкую к пределу прочности при растяжении в данном направлении. На рис. 5 изображена кривая зависимости пределов прочности от угла наклона волокон к направлению усилия для параллельной фанеры, полученная из испытаний на статическое растяжение. Там же нанесены точки, соответствующие  $\sigma_{э,1}$  при  $N=1$ . Близкое совпадение этих точек с кривой пределов прочности является показателем достоверности полученных результатов. Кроме того, это свидетельствует о том, что разрушение дре-



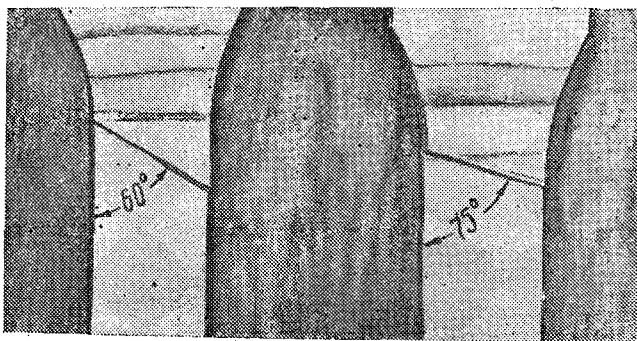


Рис. 4. Вид трещин усталости на образцах с наклоном волокна  $= 5\%$  и  $\alpha = 75^\circ$ .

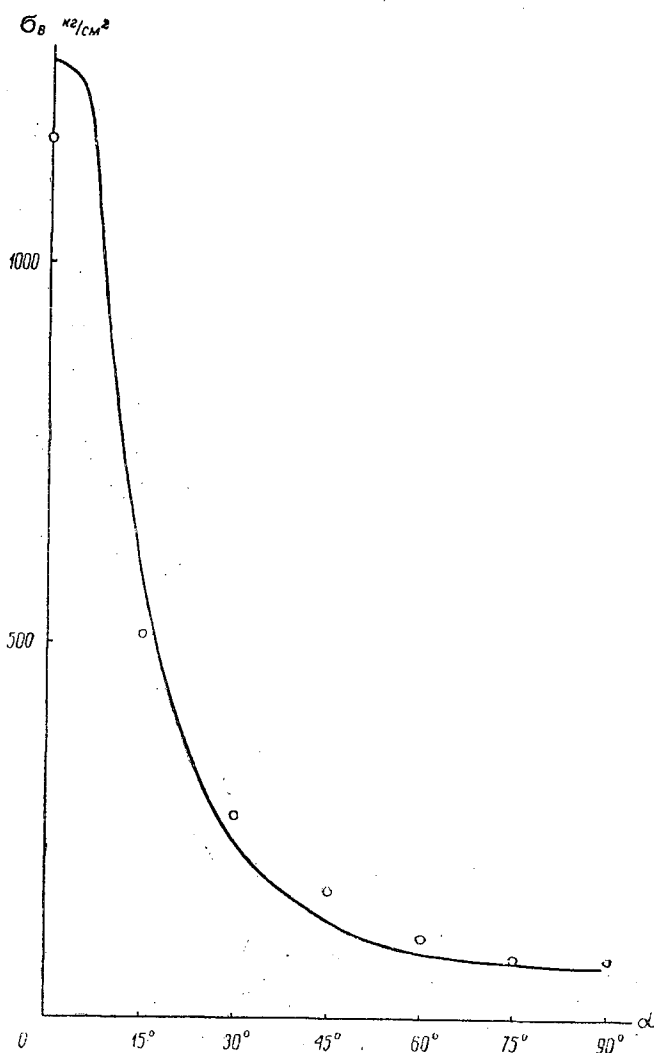


Рис. 5. Зависимость пределов прочности от угла  $\alpha$ .  
 ○ — значение  $\sigma_{эл}$  при  $N = 1$ .

весины при действии переменных напряжений происходит путем отрыва поперек волокон. Пределы прочности при построении кривой, приведенной на рис. 5, определялись делением разрушающей нагрузки на первоначальную площадь поперечного сечения. Близкое совпадение точек  $\sigma_{3,1}$  при  $N = 1$  с этой кривой свидетельствует также о том, что при статическом разрушении древесины максимальные напряжения не являются определяющими. Благодаря присущей древесине пластичности, при статистическом нагружении, вероятно, происходит выравнивание напряжений и прочность определяется некоторым средним значением напряжений, которое может быть подсчитано по элементарным формулам сопротивления материалов.

Следовательно, показатели прочности параллельной фанеры имеют две крайние границы:

1) Статическую прочность, определяемую по предельному состоянию, то есть осредненными напряжениями, получаемыми по элементарным формулам сопротивления материалов.

2) Усталостную прочность при достаточно большом числе циклов, определяемую максимальным значением возникающих в детали напряжений. Эти максимальные напряжения могут быть найдены методами теории упругости анизотропного тела. Эффективный коэффициент концентрации напряжений при этом очень близок к теоретическому коэффициенту концентрации напряжений.

Естественно, что оба эти сопротивления подчинены одному и тому же тензориальному закону.

Что касается промежуточных усталостных разрушений, при числе циклов меньше  $3 \cdot 10^7$ , то хотя они и зависят от соответствующих эффективных коэффициентов концентрации напряжений, но эти коэффициенты слишком далеки от теоретических. Поэтому и нахождение напряжений методами теории упругости анизотропных тел или методами сопротивления материалов не дает положительных результатов. Требуется знание эффективных коэффициентов концентрации напряжений при ограниченных количествах циклов, которые могут быть найдены только экспериментально.

Как уже было отмечено, при числе циклов  $3 \cdot 10^7$  истинный предел выносливости древесины не выявляется. В то же время при этом числе циклов эффективные коэффициенты концентрации напряжений приближаются к теоретическим. Пределы выносливости в различных направлениях, высчитанные по максимальным напряжениям, связываются той же тензориальной зависимостью, что и пределы прочности. Все это говорит о том, что ограниченные пределы выносливости при  $N = 3 \cdot 10^7$  циклов недалеки от истинных пределов выносливости. Наиболее точно на тензориальную кривую ложатся точки пределов выносливости, полученные продлением корреляционных уравнений до  $N = 5 \cdot 10^7$  циклов. Очевидно, при этой базе испытаний выявляется истинный предел выносливости древесины. Следовательно, древесину нужно испытывать на усталость при базе не менее  $5 \cdot 10^7$  циклов.

На основании анализа опытных данных можно считать, что предел выносливости древесины является величиной тензориальной и определяется тензором четвертого ранга. При этом зависимость предела выносливости при изгибе в любом направлении по отношению к главным направлениям прочности выражается формулой (1). При расчете деталей из древесины на действие переменных напряжений следует пользоваться решениями теории упругости анизотропного тела, производя расчет по максимальному значению напряжений. Разрушение древесины при действии переменных напряжений под углами к волокнам происхо-

дит по плоскости, параллельной волокнам, вследствие отрыва поперек волокон.

Отношение предела выносливости к пределу прочности при растяжении вдоль волокон составляет примерно одну треть, поперек волокон примерно половину.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. К. Ашкенази, И. П. Боксберг, Г. М. Рубинштейн и К. К. Туроверов. Анизотропия механических свойств древесины и фанеры. Гослесбумиздат, 1958. [2]. Е. К. Ашкенази. К вопросу об анизотропии прочности конструкционных материалов. «Журнал технической физики» АН СССР, т. XXIX, вып. 3, 1959. [3]. Е. К. Ашкенази, Б. П. Дутов, Г. М. Рубинштейн. Прочность древесины при ударном сжатии в различных направлениях по отношению к волокнам. Труды ЛКВВИА им. А. Ф. Можайского, вып. 262, 1958. [4]. Ф. П. Белянкин. Міцність деревини під впливом повторного навантаження. Київ, 1936. [5]. В. П. Когаев. Методы статистической обработки результатов усталостных испытаний. «Заводская лаборатория» № 5, 1957. [6]. А. И. Кочетов и А. Д. Кролевецкий. К вопросу об определении ограниченного предела усталости. «Заводская лаборатория» № 6, т. XIV, 1948. [7]. А. Н. Митинский. К вопросу о применении ускоренных методов испытания древесины на усталость. Труды ЛТА № 52, 1938. [8]. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление т. 4, Л., 1954. [9]. Г. Ф. Мур и Дж. В. Коммерс. Усталость металлов, дерева и бетона. Гостехиздат, 1929. [10]. А. Е. Омелянов. Результаты испытания древесины дуба, липы, березы, ясеня и клена на усталость. «Механическая обработка древесины» № 2, 1935. [11]. А. Ю. Педдер. Усталость древесины. Сыктывкар, 1935. [12]. А. Ю. Педдер. Энергия древесины, теряемая при деформации. Петро-заводск, 1932. [13]. К. К. Симинский. Об усталости дерева при повторной нагрузке. «Вестник инженеров» № 4 и 5, 1927. [14]. Н. М. Фигурнов. Об усталости древесины при складывании. Труды Военно-транспортной академии, № 15, 1948. [15]. Н. М. Фигурнов. Экспериментальное исследование сопротивления древесины воздействию переменных нагрузок. Труды Военно-транспортной академии, № 46, 1953. [16]. М. Я. Шашин. Вопросы перенапряжений и наклепа при усталости металлов. Некоторые вопросы усталостной прочности стали. Машгиз, 1953. [17]. М. Я. Шашин. Методика определения средних вероятных значений циклической долговечности. «Заводская лаборатория» № 6, т. XVIII, 1952. [18]. Walter Fritz. Ein Beitrag zur Dauerfestigkeit der Hölzer unter besonderer Berücksichtigung der Querfestigkeit. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universität zu Berlin. Jan. IV. 1954/1955.

Поступила в редакцию  
31 июля 1959 г.

## О КАЧЕСТВЕ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ В ДРЕВОСТОЯХ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ИЗ МОЛОДНЯКА, СОХРАНЕННОГО ПРИ ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

**П. Н. ЛЬВОВ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук  
(Архангельский лесотехнический институт)

Под пологом древостоев таежной зоны часто имеется значительное количество молодняка. Сбережение его в процессе лесоразработок позволяет вырастить главную породу без затраты сил и средств на лесные культуры. Срок выращивания сосны и ели в таком случае сокращается на 30—50 лет. Поэтому сохранение молодняка при лесоразработках является в настоящее время одной из основных мер по восстановлению хвойных пород на площадях концентрированных вырубок.

Однако, пока еще остается неясным вопрос: каково же будет качество древостоев, формирующихся из такого молодняка? В числе других показателей (форма ствола, суковатость и пр.) важно и качество древесины.

Известно, что после материнского полога у сохранившегося на лесосеках молодняка наблюдается энергичный прирост. На поперечном срезе ясно видны узкие годовичные слои — результат роста под пологом леса — и широкие — прирост после вырубки материнских деревьев.

Вполне вероятно, что физико-механические свойства такой древесины будут неодинаковыми.

В. Гомилевский [1] еще в 1897 г. высказал мысль о том, что древесина угнетенных деревьев с узкими годовыми слоями по качеству хуже древесины деревьев, выросших в этих же условиях, но не находившихся в угнетении.

Предположение об ухудшении качества древесины в связи с резким изменением величины прироста по диаметру высказывалось рядом лесоводов. Однако экспериментальных подтверждений этого, кроме как в работе А. В. Давыдова с И. А. Беляевым [2], в которой делается попытка установить влияние рубок ухода на механические свойства древесины, нам неизвестно.

Мы провели изучение некоторых физико-механических показателей древесины ели с вырубки 20-летней давности, где древостой формировался из молодняка предварительных генераций (Виноградовский лесхоз, Архангельской области)\*.

\* Работа выполнена в б. Архангельском научно-исследовательском стационаре Академии наук СССР.

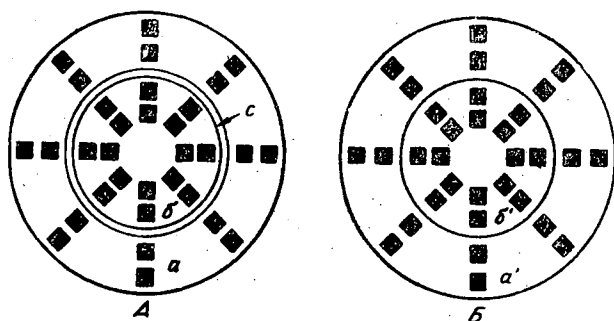


Рис. 1. Схема разделки отрубков на образцы для испытания физико-механических свойств древесины.

А — отрубок ствола с дорубочным и послерубочным приростом (а — зона светового прироста; б — зона дорубочного роста; с — переходная зона); Б — контрольный отрубок (а' — зона, соответствующая послерубочному росту, б' — дорубочному).

На 1 га здесь насчитывалось более 5 тыс. деревьев ели и 13 тыс. березы. Насаждение характеризуется большими колебаниями возрастов, высот и диаметров. Тип леса — ельник-черничник на свежей супеси. Взятые модели были разделены на две группы: тонкомер и подрост.

К тонкомеру отнесены деревья, имевшие до осветления диаметр на высоте груди 6 см и более; возраст их обычно превышал 100 лет. Образцы у тонкомера брались из двух зон: замедленного роста (под пологом леса) и усиленного роста (после вырубki материнского полога). Для краткости мы будем называть их зоной дорубочного и послерубочного (или светового) роста (рис. 1, А).

К подросту отнесены экземпляры меньшего возраста и диаметра. Испытаниям у него подвергались только зона послерубочного роста, так как диаметр дорубочной зоны мал, а поэтому приготовить полноценные образцы из нее не представилось возможным. В качестве контрольных взяты модели из 160-летнего елового древостоя в аналогичных лесорастительных условиях. У этих моделей образцы готовились так же из двух зон: периферической, соответствовавшей зоне послерубочного роста, и внутренней, соответствовавшей зоне дорубочного роста (рис. 1, Б). Предполагалось вести сравнение полученных результатов попарно по зонам. Однако в ходе испытаний образцов и при статистической обработке материала заметной разницы между зонами а' и б' не обнаружилось. Поэтому в качестве контроля взяты данные для ствола в целом.

При разделке кряжи не распиливались, а раскалывались, чем достигалось получение более полноценного образца. У моделей тонкомера некоторая часть, составляющая переходную зону от дорубочной и послерубочной, исключалась. Исключалась также и центральная часть, где, как правило, встречался большой процент кренивой древесины.

Разделка обрубков велась в полном соответствии с ГОСТом 6336—52.

Все полученные показатели приведены к 15%-ной влажности.

Строение и физические свойства древесины. У тонкомера центральная часть ствола имеет очень мелкие годовые кольца (65% от величины годичного кольца контрольных моделей). После осветления откладываются широкие слои, которые примерно в 2—3,5 раза превышает размер среднего дорубочного слоя (табл. 1).

Особенно большим приростом отличается подрост. Ширина годичного кольца у него в среднем составляет 4 мм, чего в древостоях Севера обычно не наблюдается.

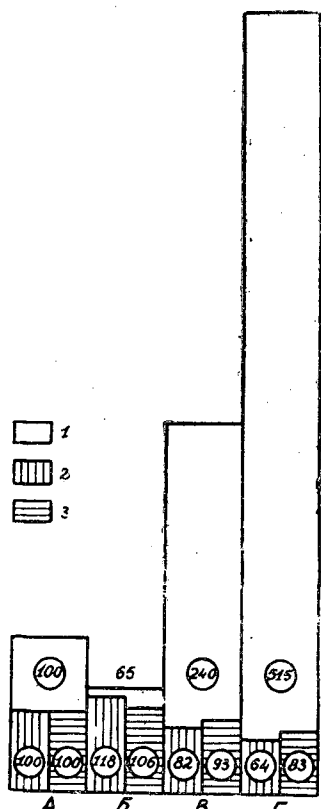


Рис. 2. Ширина годичного слоя 1, процент поздней древесины 2 и объемный вес 3.

по сравнению с древесиной, взятой из нормальных условий роста (А).

Диagramма наглядно показывает, что в результате светового прироста резко возрастает масса древесного вещества. Однако, качество ее (процент поздней древесины и объемный вес) заметно снижается.

Это положение в принципе подтверждают и данные механических испытаний.

Важное значение при характеристике качества древесины имеет коэффициент объемной усушки. Этот показатель для моделей из древостоя (табл. 2) оказался близким к данным Н. И. Стрекаловского [7] и Ф. И. Коперина [3]. Разница в объемной усушке дорубочной и послерубочной зон тонкомера составила 12%.

Сильному усыханию подвержена древесина подроста. Неравномерность усушки дорубочной и послерубочной древесины у тонкомера может привести к растрескиванию внешней, периферической зоны, а возможно и к отлупу древесины светового прироста.

Кроме того, неравномерность усушки древесины тонкомера и сильная усушка послерубочной древесины подроста вероятно поведут к растрескиванию и короблению лесных материалов.

Механические свойства древесины. Сопротивление сжатию вдоль волокон — наиболее важный показатель механических

Процент поздней древесины моделей из древостоя в нашем случае оказался несколько выше, чем по данным Н. И. Стрекаловского [7] и Ф. И. Коперина [3]. Отмеченные расхождения можно объяснить отклонениями в определении границ поздней древесины, так как переход ее от ранней у ели выражен не резко. Применительно к нашим образцам, указанные расхождения не имеют принципиального значения, поскольку сравнение показателей проводится в пределах опыта.

В дорубочной зоне тонкомера поздней древесины на 18% больше, чем в контрольных образцах, а в послерубочной ее на столько же меньше. Иными словами, в одном стволе разница в количестве поздней древесины достигает 36%.

В этой связи вполне понятны и различия в объемном весе дорубочной и послерубочной зон. В первой он на 6% выше, чем у контрольных образцов, а во второй, наоборот, он на 7% ниже. У подроста объемный вес на 17% ниже, чем у образцов древесины, взятых в насаждении.

Принято считать, что величина годичного кольца, с одной стороны, а процент поздней древесины и объемный вес с другой, в общих чертах содержат в себе количественные и качественные показатели древесины. На рис. 2 эти соотношения изображены в процентах для тонкомера (Б — дорубочная, В — послерубочная) и подроста (Г) по сравнению с древесиной, взятой из нормальных условий роста (А).

Таблица 1

Показатели	Характеристика модели	Характеристика древесины	Число наблюдений	Статистические показатели						Достоверность различия по формуле: $\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geq 3 + \frac{6}{n-4}$
				M	M%	$\pm\sigma$	$\pm m$	v%	p%	
Ширина годового кольца	Из древостоя	Контроль	36	0,78	100	0,26	0,04	32,0	5,1	6,8 > 3,3
	Тонкомер	Дорубочный	44	0,51	65	0,22	0,03	42,0	5,8	
		Послерубочный	23	1,87	240	0,96	0,20	51,3	10,6	
Подрост	Послерубочный	35	4,02	515	0,66	0,11	13,9	2,7		
Процент поздней древесины	Из древостоя	Контроль	36	28	100	3,8	0,6	13,2	2,2	9,1 > 3,4
	Тонкомер	Дорубочный	44	33	118	5,0	0,7	15,1	2,1	
		Послерубочный	23	23	82	4,4	0,9	18,7	3,8	
Подрост	Послерубочный	35	18	64	5,2	0,8	28,7	4,4		
Объемный вес	Из древостоя	Контроль	20	0,47	100	0,018	0,004	3,8	0,8	10 > 3,4
	Тонкомер	Дорубочный	17	0,50	106	0,026	0,005	5,2	1,0	
		Послерубочный	33	0,44	93	0,018	0,003	4,1	0,7	
Подрост	Послерубочный	22	0,39	83	0,028	0,005	7,2	1,3		

Таблица 2

Характеристика моделей	Характеристика древесины	Число наблюдений	Статистические показатели						Достоверность различия
			M	M%	$\pm\sigma$	$\pm m$	v%	p%	
Из древостоя	Контроль	20	0,55	100	0,026	0,005	4,7	0,9	4,6 > 3,4
Тонкомер	Дорубочный	17	0,57	103	0,039	0,009	6,9	1,5	
	Послерубочный	35	0,50	91	0,049	0,007	9,8	1,4	
Подрост	Послерубочный	33	0,43	78	0,044	0,008	10,2	1,8	

свойств древесины. Для контрольных образцов он был близким к данным, имеющимся в литературе. Древесина тонкомера в целом показала меньшее сопротивление сжатию, что контрольные образцы. Даже образцы дорубочной зоны, имеющей на 18% больше поздней древесины и более высокий удельный вес, оказались на 4% слабее образцов древесины, взятой из древостоя (табл. 3).

Указанная разница не имеет практического значения. Большой интерес в данном случае представляет несоответствие качественных показателей — процента поздней древесины и удельного веса — действитель-

Таблица 3

Характеристика моделей	Характеристика древесины	Число наблюдений	Статистические показатели						Достоверность различия
			M	M%	$\pm\sigma$	$\pm m$	v%	p%	
Из древо- стоя	Контроль	28	436	100	20	3,7	4,5	0,8	7,0 > 3,1
Тонкомер	Дорубочный	47	420	96	36	5,3	8,5	1,2	
	Послерубочный	43	372	85	29	4,4	7,9	1,2	
Подрост	Послерубочный	49	300	69	36	5,1	12,0	1,7	

ному качеству древесины. Вероятно здесь имеют место особенности анатомического строения дорубочной зоны, которые и вызывают указанное выше несоответствие.

Послерубочная зона тонкомера была еще слабее. Но особенно низкой крепость оказалась у древесины подроста. Такое относительно малое ( $300 \text{ кг/см}^2$ ) сопротивление сжатию вдоль волокон для древесины северной ели в литературе не отмечалось.

На этом, как и других видах испытаний, подтверждается важная мысль, высказанная Н. И. Стрекаловским, что «начиная с ширины годичного слоя в 1,5 мм и выше, наблюдается сравнительно заметное падение механических свойств древесины ели» [6].

Уменьшение сопротивления сжатию в зоне «светового прироста» по сравнению с «зоной нормального роста» наблюдалось А. В. Давыдовым. Правда, это уменьшение составляло всего лишь 5%, но оно и относилось к зоне с «нормальным ростом», в то время как в нашем случае это была зона сильно замедленного роста.

Для других видов испытаний мы не располагали достаточным количеством образцов, чтобы получить статистически достоверные данные. По этой причине не приводятся результаты испытаний на растяжение, изгиб, скалывание, раскалывание и твердость.

Характеристика елового молодняка, как сырья для целлюлозно-бумажных производств. Известно, что сильная суковатость и наличие крени значительно снижают качество балансового сырья.

В этой связи балансы, заготавливаемые в древоостоях, формирующихся из молодняка предварительных генераций, не всегда будут представлять первосортное сырье.

Более важное значение имеет химический состав\*.

Для выяснения этого образцы были приготовлены из двух зон одного ствола (модель 3, Конецгорская дача). Для анализа взяты тщательно просеянные опилки, которые проходили через сито в 1 мм и задерживались на сите 0,5 мм. Результаты анализа приведены в табл. 4.

Большой разницы в содержании основных компонентов древесины в дорубочной и послерубочной зонах не оказалось.

Сравнивая полученные результаты с литературными данными [4], [5], можно заметить, что наши цифры находятся в пределах нормальных отклонений.

Следовательно, еловую древесину тонкомера, как сырье для целлюлозно-бумажных производств, практически можно считать однородной.

\* Химический анализ проведен канд. хим. наук, доцентом Г. Л. Дранишниковым по общепринятой методике.



Таблица 4

Основные компоненты древесины	Место взятия образца	
	дорубочная зона	зона светового прироста
Целлюлоза . . . . .	48,2	50,7
Лигнин . . . . .	28,3	27,5
Смолистые . . . . .	1,06	1,23
Зола . . . . .	0,29	0,26

Примечание: содержание целлюлозы определялось азотно-кислотным методом, лигнин—методом Кенига в модификации Комарова, смолистые—экстракцией эфиром.

Выводы и практическое значение проведенных исследований. На основе проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Древесина тонкомера и подроста неоднородна. Ширина годичного кольца, процент поздней древесины, объемный вес и объемная усушка у дорубочной и послерубочной зон различны.

Такое строение древесины может повести к короблению и растрескиванию лесных материалов, к понижению их сортности.

2. Сопротивление сжатию вдоль волокон у древесины тонкомера и подроста ниже, чем у древесины, взятой из спелого насаждения.

Особенно низки показатели крепости у древесины светового роста, которые у тонкомера на 15%, а у подроста на 31% ниже контрольных образцов.

Сделанные в тексте статьи выводы надо считать предварительными. Для полной характеристики древесины в насаждениях, формирующихся из молодняка, сохраненного при лесоразработках, необходимо более широкое и обстоятельное изучение не только физико-механических свойств древесины, но и ее анатомического строения.

С другой стороны одного показателя — качества древесины — недостаточно, чтобы решить такой важный и принципиальный вопрос, как целесообразность или нецелесообразность сбережения молодняка при лесоразработках. Для этого необходимо всестороннее изучение молодого поколения леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Гомилевский. Ширина годичных слоев дерева и технические качества древесины. «Лесной журнал», вып. 2, 1897. [2]. А. В. Давыдов и И. А. Беляев. Влияние рубок ухода за лесом на механические свойства древесины. Сб. «Рубки ухода за лесом». Л., 1940. [3]. Ф. И. Коперин. Зависимость строения и физико-механических свойств древесины хвойных пород от лесорастительных условий. Труды АЛТИ, в. XVI, 1955. [4]. В. М. Никитин, проф. Химия древесины и целлюлозы. Гослесбумиздат. АН СССР, 1951. [5] Н. И. Никитин, проф. Химия древесины. Изд. АН СССР, 1951. [6]. Н. И. Стрекаловский. К вопросу о ширине годичного слоя как факторе крепости древесины твердых пород. Журн. «Механическая обработка древесины» № 1, 1936. [7]. Н. И. Стрекаловский. О технических свойствах древесины северной ели. Сб. АЛТИ, вып. VIII, Архангельск, 1946.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ СРЕДЫ НА РАЗМОЛ ВОЛОКОН  
И КАЧЕСТВО БУМАГИ И КАРТОНА*Д. С. ДОБРОВОЛЬСКИЙ*

Доцент, кандидат технических наук

(Сибирский технологический институт)

Данная работа посвящена изучению влияния поверхностно-активных веществ типа мыл на размол сульфитной целлюлозы в водной среде, производимый в процессе производства картона и бумаги. В качестве поверхностно-активных веществ использованы олеат натрия, керосиновый контакт и некаль (изобутилсульфоокислота или ее соли). Влияние среды, в которой ведется размол, наглядно иллюстрируется микрофотографиями волокон. На рис. 1 представлена микрофотография исходной немолотой сульфитной небеленой целлюлозы, которая использовалась нами при исследованиях. Этот образец целлюлозы может быть признан типичным: волокна ее достаточно длинны и видимая структура обычна. На рис. 2 показан этот же образец целлюлозы, но размолотый до 80° ШР в водной (то есть в полярной) среде на мельнице Лампена. Видны частично укороченные, а главное, фибриллированные волокна. Поверхность их достаточно развита. На рис. 3 дана микрофотография того же образца целлюлозы, размолотой в аполярной среде бензина на той же мельнице Лампена: волокна сильно укорочены, сбились в пучок, но не фибриллированы. На рис. 4 приведена микрофотография той же целлюлозы, размолотой в воздушной (следовательно, тоже аполярной) среде на специальной терке; волокна также сильно укорочены и не фибриллированы. Размол в воде и бензине произведен на одном аппарате и при одинаковых механических воздействиях, но результаты резко различны. Размол в бензине и в воздушной среде проведен в различных аппаратах, но так как обе среды аполярные, результаты получились схожие. Следовательно, среда оказывает огромное влияние на результаты размола. Данный факт, хотя и известен, но изучен недостаточно, а это во многих случаях затрудняет рациональное построение технологических процессов изготовления картона и бумаги.

В основе процессов, протекающих при размолке волокнистых веществ и формировании бумаги и картона, лежат поверхностные явления. При размолке наружная поверхность волокон возрастает, при формировании (в результате смыкания) она уменьшается. Поперечные слои на волокнах в зоне раздела фаз образуют двухмерные пленки, которые приобретают иные свойства, чем остальная часть вещества, заключенного в волокнах. В поверхностных слоях волокон имеется избыток свободной энергии, равный разности свободной энергии на поверхности тела и в его

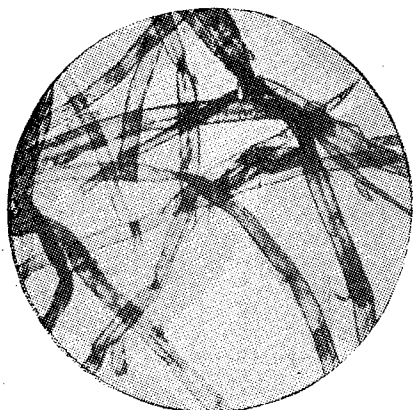


Рис. 1. Сульфитная небеленая целлюлоза (исходная).



Рис. 2. Сульфитная небеленая целлюлоза, размолотая до 80° ШР на мельнице Лампена.



Рис. 3. Сульфитная небеленая целлюлоза, размолотая в бензине на мельнице Лампена.



Рис. 4. Сульфитная небеленая целлюлоза, размолотая в воздушной среде на специальный терке.

внутреннем объеме. Для того чтобы снизить усилие при разворачивании внешней поверхности в процессе размола, необходимо уменьшить избыток свободной энергии, который образуется на вновь создаваемой внешней поверхности волокон.

При листообразовании картона и бумаги происходит смыкание наружной поверхности волокон. Высокое поверхностное натяжение воды в капиллярах отливаемой бумаги при формировании и сушке способствует сближению волокон в структуре и тем самым ведет к повышению объемного веса изделий и изменению их механических свойств.

Растительные волокна, используемые при производстве картона и бумаги, неоднородны как по своему строению и величине, так и по количеству спутников целлюлозы. Основным элементарным звеном у волокон являются макромолекулы целлюлозы, отличающиеся величиной и наличием в цепях (вместе с пирановыми кольцами) групп иного строения. Целлюлозные волокна различаются по физическим и химическим свойствам. Вода, будучи по отношению к целлюлозе поверхностно-активной, при механических воздействиях на волокнистую массу в процессе

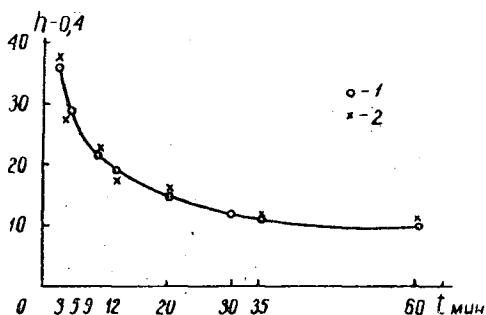


Рис. 5. Седиментация сульфитной целлюлозы в дистиллированной воде.

При  $3 < t < 60$   $h = 60,0t^{-0,48}$ .

1 — значения  $h$ , полученные расчетом;  
2 — значения  $h$ , полученные при наблюдениях.

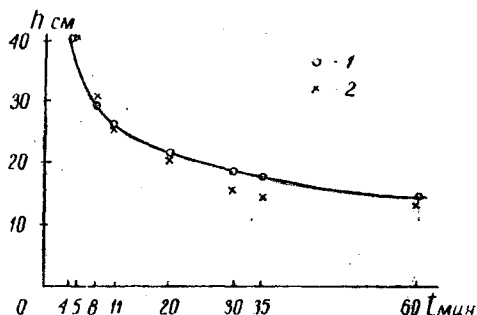


Рис. 6. Седиментация сульфитной целлюлозы в воде, содержащей олеат натрия ( $c = 1,98 \cdot 10^{-4} \frac{\text{г. моль}}{\text{л}}$ ).

При  $4 < t < 60$   $h = 63,5t^{-0,37}$ . Обозначения те же.

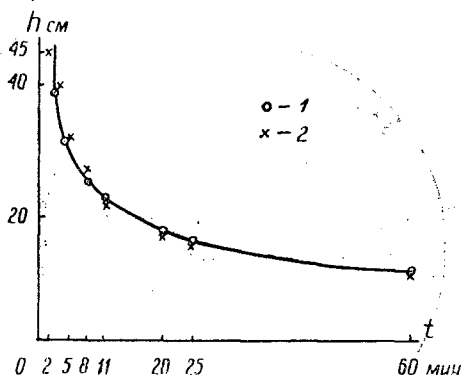


Рис. 7. Седиментация сульфитной целлюлозы в воде, содержащей контакт

( $c = 0,75 \cdot 10^{-4} \frac{\text{г. моль}}{\text{л}}$ ).

При  $2 < t < 60$   $h = 60,9 t^{-0,41}$ .  
Обозначения те же.

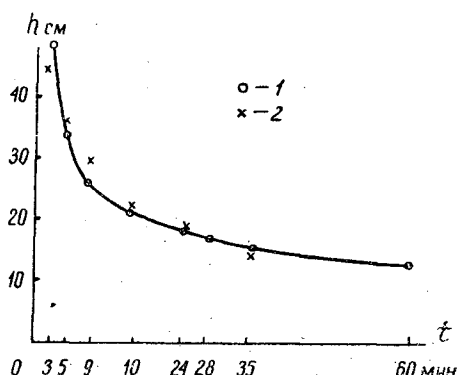


Рис. 8. Седиментация сульфитной целлюлозы в воде, содержащей кальций

( $c = 0,75 \cdot 10^{-4} \frac{\text{г. моль}}{\text{л}}$ ).

При  $3 < t < 60$   $h = 61,3 t^{-0,40}$ .  
Обозначения те же.

размола сольватирует волокна, связываясь с поверхностными гидроксильными целлюлозы. При этом происходит набухание, то есть проникновение молекул воды в межмоллекулярные промежутки твердого тела. Раздвигая молекулы в менее ориентированных областях вещества, вода снижает энергию связей между цепями и тем самым изменяет соотношение сил главных и дополнительных валентностей, направляя разрушение волокон в большей мере по водородным межмолекулярным связям, а не по связям главных валентностей макромолекул. (Энергия водородных связей убывает в шестой степени с увеличением расстояния действия водородных сил).

Размол волокнистых материалов является одним из важнейших процессов картонного и бумажного производства. Создано много гипотез, объясняющих явления, происходящие при этом. Несомненно, что наиболее правильные современные представления высказал советский исследователь Я. Г. Хинчин. Его взгляды развили и систематизировали последователи и ученики. Можно считать установленным, что характерные технологические свойства волокон в процессе размола изменяются вслед-

ствие измельчения и фибриллирования, сопровождающихся гидратацией и набуханием. Поперечное измельчение волокон не может влиять на развитие сил сцепления в процессе формирования картона и бумаги. Фибрилрование же увеличивает наружную поверхность волокон и способствует развитию поверхностного сольватационного слоя воды на них. Это сообщает массе пластичность и приводит к хорошему контакту между волокнами.

Во время сушки, при удалении воды из адсорбционного слоя, освобождаются дополнительные валентности гидроксидов поверхностных слоев целлюлозы. Волокна вступают во взаимосвязь через водородные мостики, чем обеспечивается создание прочных картона и бумаги. Указанные представления соответствуют практике размола и формирования изделий. Они также хорошо сочетаются с нашими представлениями о сущности процессов, связанных с влиянием поверхностно-активных веществ на сульфитную целлюлозу при ее обработке.

Опубликованные сведения о влиянии поверхностно-активных веществ на процесс размола касаются только частных случаев и не обобщены. Это связано с тем, что в учении о поверхностных явлениях существовало еще много неясностей. Только в последнее время, после того как были созданы и подтверждены практикой теория адсорбции и теория стабилизирующего, диспергирующего и флотуирующего действия поверхностно-активных веществ, появилась возможность более полно рассмотреть многие вопросы, в частности затронутые в настоящей статье.

Определение поверхностного натяжения проводилось методом наибольшего давления пузырьков по способу, предложенному Ребиндером. Было осуществлено три группы определений. В первом случае поверхностно-активные вещества вводились в жидкость, оставшуюся после извлечения волокнистых компонентов из суспензии, полученной после размола целлюлозы в дистиллированной воде. Во втором случае олеат натрия, контакт и некаль вводились перед размолом; в третьем случае — в размолотую массу. Сравнение результатов измерений показывает:

1) вещества, сопутствующие сульфитной целлюлозе и переходящие в раствор, снижали поверхностное натяжение дистиллированной воды на границе с воздухом в среднем всего лишь до  $71,5 \text{ эрг/см}^2$ .

2) Наиболее высокие поверхностно-активные свойства из трех взятых веществ показал олеат натрия. Контакт и некаль дали близкие между собой результаты.

3) Введение поверхностно-активных веществ после размола дает большее снижение поверхностного натяжения жидкости, чем введение тех же веществ в волокнистую суспензию до размола (что особенно заметно при глубоких размолах — до  $91^\circ \text{ ШР}$ ). Это показывает, что сам процесс размола способствует возрастанию адсорбции целлюлозой поверхностно-активных веществ. По-видимому, энергичное перемешивание суспензии в процессе размола создает условия для проникновения поверхностно-активных веществ глубже в поры и микрощели волокон. В другой нашей работе мы провели подобные опыты по измерению поверхностного натяжения жидкости после размола сульфитной целлюлозы с использованием в качестве поверхностно-активного вещества канифольного белого и высокосмоляного клея. Закономерности оказались однозначными.

При исследовании свойств водных суспензий сульфитной целлюлозы в присутствии поверхностно-активных веществ были установлены некоторые закономерности в стойкости адсорбционных пленок на целлюлозе, в удерживаемости воды волокнистой массой, в седиментации и плотности упаковки осадков целлюлозы. Было выявлено, что адсорбируемые по-

верхностью целлюлозы исследуемые поверхностно-активные вещества могут быть частично отмыты водой. Установлено также, что олеат натрия, присутствующий в волокнистой суспензии, способствует повышению степени удержания воды волокнистой массой при любой глубине помола волокна, что указывает на увеличение сольватных оболочек волокон в его присутствии. Контакт и некаль, наоборот, приводят к снижению удерживаемости воды теми же образцами массы при разных размолах, что указывает на снижение сольватации волокон в присутствии этих веществ. В производственных условиях свойство удерживаемости воды целлюлозой (или противоположное свойство стекаемости воды с волокнистой массой) является чрезвычайно важным, так как влияет на скорость и качество многих процессов и отражается на качественных показателях готовой продукции. Наблюдения показали, что поверхностно-активные вещества, присутствующие в воде, не влияют заметно на набухание целлюлозы. Следовательно, изменение удерживаемости воды целлюлозой, как и других ее качественных показателей, под воздействием поверхностно-активных веществ не связано с набухаемостью волокон, а по-видимому, происходит за счет поверхностных явлений.

Наблюдения за скоростью седиментации целлюлозных волокон из водных суспензий, содержащих олеат натрия, контакт и некаль, позволили установить связь между высотой мутной части столба жидкости ( $h$ ) и временем ( $t$ ), затраченным на осаждение при малом содержании поверхностно-активных веществ. На рис. 5—8 даны кривые результатов этих наблюдений при введении в суспензию олеата натрия, контакта и некаля. Крестиками отмечены результаты опытов, а кружочками — вычисленные значения по предложенным уравнениям. Видно, что опытные данные и данные вычислений в большинстве случаев очень близко подходят друг к другу. Во всех трех случаях применения различных поверхностно-активных веществ кривые зависимости  $h = f(t)$  имеют сходную между собой функциональную зависимость, которая может быть выражена в общем виде следующим образом:

$$h = at^{-b},$$

где  $h$  — высота мутной части жидкости через  $t$  сек после начала седиментации;

$a$  — коэффициент, равный  $h$  при  $t = 1$  сек. Показатель степени ( $-b$ ), зависит от снижения скорости седиментации по мере уплотнения мутной части суспензии.

Проведенные наблюдения показали также, что плотность упаковки конечного осадка для одной и той же массы наибольшая в среде дистиллированной воды. По мере увеличения концентрации поверхностно-активных веществ в суспензии плотность упаковки конечных осадков падает. С возрастанием сольватных оболочек волокон в результате размола массы также наблюдается снижение плотности упаковки конечного осадка сульфит-целлюлозных материалов.

Длина волокон целлюлозных материалов при формировании отливок картона и бумаги имеет первостепенное значение. Более длинные волокна способствуют повышению прочности, более короткие необходимы для создания равномерной структуры отливок. Поэтому в своих исследованиях мы вели замеры изменения средней длины волокон. Был применен метод фракционирования массы на классификаторе, позволяющем делить волокна на четыре фракции. Результаты показывают, что при размоле целлюлозы (до одной и той же степени помола по ШР) в присутствии олеата натрия, при увеличении его концентрации в волок-

нистой суспензии масса получается с удлинёнными волокнами. Присутствие в среде размола контакта или некаля дало противоположные результаты. По мере увеличения их концентрации в волокнистой суспензии при одной и той же степени помола по ШР средняя длина волокон снижается. Это получается при всех случаях помолов до  $93^\circ$  ШР. Полученные результаты находятся в полном согласии с ранее представленными выводами о развитии сольватации целлюлозы при размоле в присутствии олеата натрия и о снижении сольватации при размоле в присутствии контакта и некаля. Для проверки полученных данных нами были проведены контрольные определения средней длины волокон, размолотых в присутствии тех же поверхностно-активных веществ методом измерения и счета волокон под микроскопом. Результаты подтвердили опыты фракционирования.

Основные физико-механические свойства отливок картона и бумаги, полученных из сульфитной небеленой целлюлозы, размолотой и отливой в присутствии олеата натрия, контакта и некаля, определялись во всех проведенных опытах. При размоле в присутствии небольших концентраций поверхностно-активных веществ (в наших условиях такой предельной концентрацией для олеата натрия было  $3,29 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л, для контакта  $1,0 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л, для некаля  $1,6 \cdot 10$  г-мол/л) механические свойства отливок картона и бумаги получились несколько выше (до 20%), чем при размоле и отливе массы с дистиллированной водой. При повышении содержания этих поверхностно-активных веществ в среде размола и отлива получились отливки картона и бумаги с более пониженными свойствами, чем образцы при размоле и отливе с дистиллированной водой. Это подтверждается разрывной длиной, изломом и другими показателями свойств образцов бумаги и картона, полученных при размоле и отливе массы в присутствии олеата натрия в количестве  $15,13 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л и  $139,47 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л; контакта —  $87,25 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л и некаля —  $25,2 \cdot 10^{-4}$  и  $139,6 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л. Проведенные аналогичные опыты на двух образцах сульфитной беленой целлюлозы еще раз подтвердили выводы, сделанные нами выше. Ожидаемый результат получился также при производственных опытах еще на одном образце сульфитной беленой целлюлозы при введении контакта в количестве  $50 \cdot 10^{-4}$  г-мол/л. Можно предположить, что при наименьших концентрациях в среде размола эти поверхностно-активные вещества, адсорбируясь, располагаются главным образом в микрощелях и тем самым оставляют свободными наружные поверхности волокон, не препятствуя их сближению при отливе. При более повышенной концентрации поверхностно-активных веществ в растворе они создают на волокнах более насыщенный адсорбционный слой, который закрывает часть поверхности волокон, препятствуя их сближению при отливе, частично блокируя поверхностно расположенные гидроксильные группы целлюлозы.

Физико-химические свойства отливок, полученных с использованием дистиллированной воды без добавок при размоле и формировании, оказались наиболее высокими. По мере повышения содержания поверхностно-активных веществ в воде при отливе из массы, размолотой в воде без добавок, указанные качественные показатели отливок снижаются. По видимому, адсорбционные пленки олеата натрия, контакта и некаля, присутствуя на волокнах при формировании отливок, закрывают часть гидроксильных, поверхностно расположенных на волокнах, и тем самым снижают число возникающих водородных связей между ними. Одновременно с этим адсорбционные слои поверхностно-активных веществ своим присутствием на поверхности волокон, по-видимому, препятст-

вуют более тесному их сближению при отливе. Вследствие этого также происходит дальнейшее снижение энергии связей волокон формирующихся картона и бумаги.

В результате выполненной работы установлена относительная степень стойкости адсорбированных слоев олеата натрия, контакта и некаля на волокнах сульфитной целлюлозы;

выявлено влияние этих веществ на удерживаемость воды сульфитной целлюлозой. Отмечено отсутствие заметного влияния тех же веществ на набухаемость целлюлозы в воде и сделано предположение, что влияние использованных в исследованиях поверхностно-активных веществ, по-видимому, связано не с изменением набухаемости целлюлозы, а с поверхностными явлениями на волокнах;

выявлено изменение скорости седиментации и плотности упаковки волокнистых материалов под воздействием изучаемых поверхностно-активных веществ. Предложено уравнение функциональной зависимости и изменения высоты столба взмученной части жидкости от времени осаждения при введении в массу поверхностно-активных веществ;

настоящей работой показано значение поверхностных явлений, протекающих при размоле волокнистой массы и отливе, а также роль и значение их для технологических процессов производства картона и бумаги в целом.

### Заключение

В массопотоках волокнистых суспензий, осуществляемых на современных целлюлозных, бумажных и картонных предприятиях в больших масштабах всегда имеются в некотором количестве поверхностно-активные вещества. Канифольный клей, спутники целлюлозы, животный клей, сернокислый глинозем, различные добавки, вносимые с оборотной и свежей водой, остаток сульфитного щелока на волокнах и в воде, в том числе наличие сахаров, оказывают влияние на величину поверхностного натяжения на границе раздела фаз, а через этот фактор и на все остальные физико-химические процессы производства. Это имеет особенно большое значение при производстве специальных видов картона и бумаги, когда в волокнистую массу вводится значительное количество разнообразных химических веществ, различных по свойствам, добавок в виде латексов, канифольно-битумных эмульсий и других смол, дубильных веществ и т. п. материалов. Вследствие того, что сам процесс размола массы и отлива имеет в основе поверхностные явления, влияние внесенных извне поверхностно-активных веществ может быть весьма значительным. Это влияние еще усиливается высокой сорбционной способностью целлюлозы. Наблюдаемые иногда на предприятиях изменения без видимых причин качества помола массы и свойств готовой продукции в некоторой степени могут быть связаны с введением в массу поверхностно-активных веществ, вносимых извне. До сих пор на эти физико-химические явления не было обращено достаточно внимания. Настоящая работа дает новые основания для дальнейшего изучения и углубления наших знаний сущности основных и дополнительных процессов картонного и бумажного производства. Это вскрывает новые возможности для дальнейшего повышения качества продукции и количественного роста выпускаемых всевозможных видов картона и бумаги, в особенности обладающих специальными свойствами.



## О ПРОЦЕССЕ ЭКСТРАКЦИИ СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЩЕПЫ ПНЕВОГО ОСМОЛА

**Л. В. ГОЛИКОВ**

Аспирант

**В. Н. КОЗЛОВ**

Профессор, доктор технических наук

(Уральский лесотехнический институт)

Известно, что чем мельче щепы, тем больше поверхность соприкосновения ее с растворителем и тем легче идет процесс диффузии смолистых веществ [1], [2], [5].

Установлено также, что диффузия смолистых веществ в древесине не во всех направлениях идет с одинаковой скоростью: с наибольшей скоростью смолистые вещества диффундируют в направлении длины волокон и с наименьшей — поперек их [7], [8]. Поэтому осмол должен быть измельчен так, чтобы размеры щепы вдоль волокон были наименьшими.

В производстве осмол измельчают не поперек длины волокон, а под некоторым углом. Практикой установлен наивыгоднейший угол наклона, равный  $45^\circ$  при размере щепы по толщине 3—5 мм и по длине 25—30 мм [3]. Щепы в этом случае получается с достаточно развитой активной поверхностью, через которую смолистые вещества из смоляных ходов и трахеид диффундируют в неподвижный пограничный слой.

Определения влияния степени и вида измельчения щепы пневмоосмола на выход смолистых веществ проводились Филипповичем [10], Павлюченко и Акуловичем [6], Скриганом [7], причем во всех случаях имело место колебание температуры во время опытов.

Во избежание этого при исследовании в лаборатории лесохимии Уральского филиала АН СССР был использован термостат. Температура  $80^\circ$  (равная температуре кипения бензина) поддерживалась с точностью  $\pm 0,1^\circ$  при помощи ртутно-толуольного регулятора (рис. 1).

Таблица I

Компоненты щепы в %	Образцы осмола		
	1	2	3
Скипидар . . . . .	5,0	3,5	8,0
Вола . . . . .	13,0	23,5	23,0
Канифоль . . . . .	15,0	15,5	20,5
Древесина . . . . .	67,0	57,5	48,5
Итого . . . . .	100,0	100,0	100,0

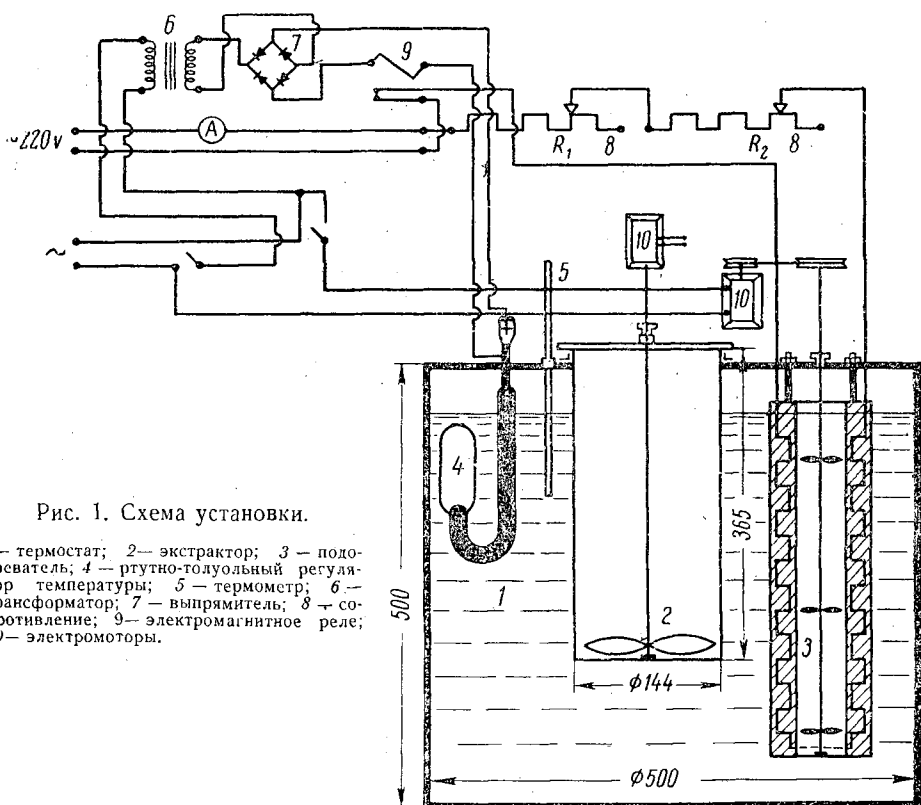


Рис. 1. Схема установки.

1 — термостат; 2 — экстрактор; 3 — подогреватель; 4 — ртутно-толуольный регулятор температуры; 5 — термометр; 6 — трансформатор; 7 — выпрямитель; 8 — сопротивление; 9 — электромагнитное реле; 10 — электромоторы.

Исходная щепка подвергалась анализу на содержание канифоли, летучих, влаги и сухой обессмоленной древесины по известной методике [9]. Результаты анализа исследованных образцов щепы пневого осмола даны в табл. 1.

Два первых образца осмола разделялись отдельно друг от друга на бруски размером  $4 \times 4 \times 19$  мм. Одну часть брусков делили пополам вдоль волокон, вторую — поперек волокон; третья оставалась без изменения.

Со щепой было проведено по два параллельных опыта в строго тождественных условиях: температура  $80^\circ$ , соотношение фаз 1:7.

В качестве экстрагента использовался бензин «жалоба».

После загрузки щепой (40 г) и бензином (в количестве, необходимом для создания соотношения фаз 1:7), экстрактор помещался в термостат с водой, нагретой до температуры кипения бензина. Содержимое экстрактора тщательно перемешивалось. Через 30 мин, 1, 2, 3, 4, 5 и 6 час экстракции отбирались пробы в размере 25 мл, вместо которых в экстрактор вливался такой же объем чистого бензина. Из каждой пробы брали 10 мл экстракта для титрования 0,1н. спиртовым раствором КОН.

Обработка полученного экстракта и щепы проводилась следующим образом [4]. Экстракт помещался в колбу Вюрца, и из него на песчаной бане отгонялся бензин; оставшаяся в колбе канифоль высушивалась при температуре  $105^\circ$  до постоянного веса и взвешивалась. Щепу, изъятую из экстрактора, слегка подсушивали для удаления раствора с ее поверхности, взвешивали; затем помещали в бумажные патроны и экстрагировали в аппарате Сокслета диэтиловым эфиром. Проекстрагированную

щепу помещали в бюксы, высушивали до постоянного веса и взвешивали. Из второго экстракта диэтиловый эфир отгонялся на водяной бане, полученная канифоль сушилась до постоянного веса и взвешивалась.

Третий образец осмола измельчался, а полученная щепка с помощью сит разделялась на фракции 20; 17; 12; 10; 7; 5 мм. С каждой из фракций проведено по два параллельных опыта.

Исходя из формулы [9]:

$$K_n = \frac{3,6}{1000} a_n \cdot V_э$$

для расчета количества канифоли в объеме экстракта в случае экстракции с отбором проб нами предложена следующая формула:

$$K_n = \frac{3,6}{1000} (a_1 b + a_2 b + \dots + a_{n-1} b + a_n V_э),$$

где  $K_n$  — количество канифоли, извлеченной за  $n$  часов экстракции;

$a_1; a_2; \dots a_n$  — количество мл 0,1н. раствора КОН, пошедшее на титрование 10 мл экстракта;

$b$  — объем пробы экстракта;

$V_э$  — объем экстракта.

Результаты титрования проб экстракта 0,1н. спиртовым раствором КОН и последующего расчета количества канифоли во всем объеме экстракта по часам приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ образца; $b$ мл; $V_э$ , мл	Количество 0,1N спиртового раствора КОН (в мл), пошедшее на титрование проб $a_n$			Количество канифоли в пробах экстракта (в г) по результатам титрования $K_{пр} = \frac{3,6}{1000} a_n b$			Количество канифоли в объеме экстракта (в г) по результатам титрования проб $K_э = \frac{3,6}{1000} a_n V_э$			Действительное количество канифоли в объеме экстракта (в г) $K = \frac{3,6}{1000} (a_1 b + a_2 b + \dots + a_{n-1} b + a_n V_э)$		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I,	2,54	3,18	2,47	0,229	0,286	0,222	2,34	2,92	2,27	2,34	2,92	2,27
	2,80	3,34	2,65	0,252	0,300	0,238	2,58	3,07	2,44	2,81	3,36	2,66
25,	2,99	3,59	2,76	0,269	0,323	0,248	2,75	3,30	2,54	3,23	3,88	3,00
256,	2,99	3,67	2,82	0,269	0,330	0,254	2,75	3,38	2,59	3,50	4,29	3
	2,86	3,46	2,74	0,258	0,312	0,246	2,63	3,18	2,52	3,65	4,42	3
	2,74	3,26	2,60	0,247	0,292	0,234	2,52	2,98	2,39	3,78	4,53	3,60
		3,00	2,43		0,270	0,219		2,71	2,23		4,55	3,68
II,	3,15	3,32	2,85	0,216	0,227	0,195	2,40	2,53	2,17	2,40	2,53	2,17
19,	3,36	3,74	3,00	0,230	0,256	0,205	2,56	2,85	2,29	2,77	3,01	2,48
212,	3,44	3,97	3,13	0,236	0,272	0,214	2,62	3,03	2,39	3,06	3,51	2,79
	3,48	4,10	3,21	0,238	0,281	0,220	2,66	3,12	2,45	3,34	3,87	3,06
	3,41	4,07	3,16	0,234	0,278	0,216	2,60	3,12	2,41	3,52	4,13	3,24
	3,28	3,81	3,14	0,225	0,261	0,215	2,50	2,90	2,30	3,65	4,21	3,44
	3,16	3,58	2,93	0,216	0,245	0,201	2,41	2,72	2,23	3,79	4,30	3,50

Примечание: Размеры щепы в мм: 1) 2×2×19; 2) 4×4×9,5; 3) 4×4×19.

На основании табл. 2 построены графики, представленные на рис. 2 и 3, из которых можно видеть, что количество канифоли, перешедшей из раствора внутри щепы в раствор вне щепы, не является величиной постоянной.

Размер щепы в мм; $V_2$ в мл	Количество 0,1 н. спиртового раствора КОН в мл, пошедшее на титрование проб экстракта							Количество канифоли в объеме проб экстракта ( $b=25$ мл) в г по результатам титрования						
	$a_n$							$K_{пр} = \frac{3,6}{1000} a_n b$						
20 223	3,47	3,60	3,98	4,10	3,96	3,80	3,63	0,312	0,324	0,358	0,369	0,356	0,342	0,327
17 221	4,21	4,45	4,65	4,75	4,70	4,40	4,03	0,379	0,400	0,419	0,427	0,423	0,396	0,362
12 219	4,70	4,80	4,85	4,90	4,75	4,50	4,02	0,423	0,432	0,437	0,441	0,427	0,405	0,362
10 217	4,90	4,98	5,03	5,08	4,85	4,55	4,13	0,441	0,448	0,453	0,458	0,437	0,410	0,372
7 215	5,22	5,32	5,55	5,45	5,18	4,80	4,32	0,470	0,478	0,500	0,490	0,467	0,432	0,380
5 209	6,07	6,14	6,14	5,87	5,44	4,96	4,47	0,546	0,552	0,552	0,527	0,490	0,447	0,402

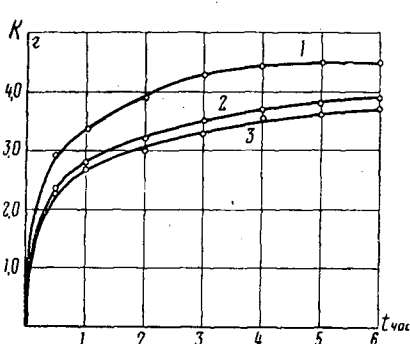


Рис. 2. Ход экстракции канифоли из щепы образца I.

1 — щепы размером  $4 \times 4 \times 9,5$  мм;  
2 — " "  $2 \times 2 \times 19$  " ;  
3 — " "  $4 \times 4 \times 19$  " .

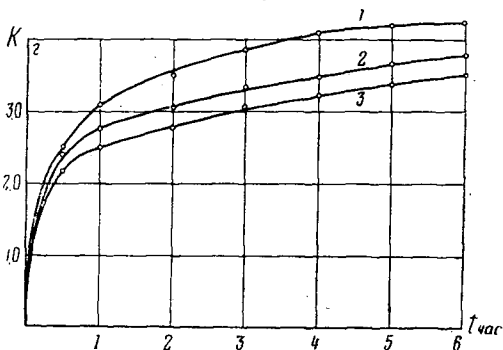


Рис. 3. Ход экстракции канифоли из щепы образца II.

1 — щепы размером  $4 \times 4 \times 9,5$  мм;  
2 — " "  $2 \times 2 \times 19$  " ;  
3 — " "  $4 \times 4 \times 19$  " .

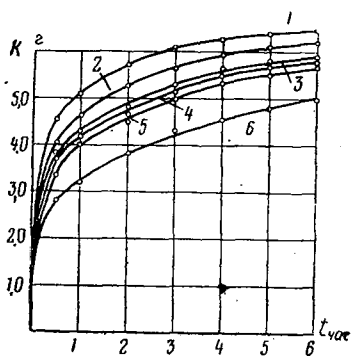


Рис. 4. Ход экстракции канифоли из щепы разного размера.

1 — щепы размером 5 мм;  
2 — " " 7 " ;  
3 — " " 10 " ;  
4 — " " 12 " ;  
5 — " " 17 " ;  
6 — " " 20 " .

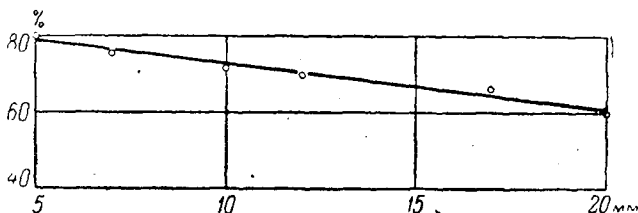


Рис. 5. Влияние размеров щепы на выход канифоли (время экстракции 6 час).

Таблица 3

Количество канифоли в объеме экстракта в г по результатам титрования проб							Истинное количество канифоли в объеме экстракта в г						
$K = \frac{3,6}{1000} a_n V_3$							$K = \frac{3,6}{1000} (a_1 b + a_2 b + a_3 b + \dots + a_n V_3)$						
2,79	2,89	3,20	3,29	3,18	3,06	2,92	2,79	3,20	3,84	4,28	4,50	4,78	4,90
3,34	3,54	3,70	3,77	3,74	3,50	3,22	3,34	3,92	4,48	4,97	5,30	5,55	5,65
3,70	3,78	3,82	3,86	3,84	3,55	3,18	3,70	4,20	4,67	5,15	5,47	5,71	5,75
3,82	3,88	3,92	3,96	3,78	3,55	3,22	3,82	4,32	4,81	5,30	5,58	5,78	5,87
4,05	4,12	4,30	4,23	4,01	3,72	3,35	4,05	4,59	5,25	5,68	5,95	6,12	6,20
4,57	4,62	4,62	4,43	4,09	3,74	3,37	4,57	5,16	5,72	6,08	6,26	6,40	6,48

В случае экстракции из щепы размером  $4 \times 4 \times 9,5$  мм скорость экстракции сначала выше, чем при размере щепы  $2 \times 2 \times 19$ , а затем она падает, стремясь к нулю.

В первом случае состояние равновесия наступает быстрее, чем во втором.

Таблица 4

Образец щепы	Размер щепы, мм	Среднее (из двух опытов) количество канифоли в г				Всего канифоли	Процент извлечения
		в экстракте	в пробах	итого	в щепе		
I	$2 \times 2 \times 19$	2,18	1,52	3,7	2,25	5,95	62
	$4 \times 4 \times 9,5$	2,27	2,11	4,38	1,6	5,98	73
	$4 \times 4 \times 19$	1,97	1,66	3,63	2,49	6,12	59
II	$2 \times 2 \times 19$	2,07	1,60	3,67	2,54	6,21	59
	$4 \times 4 \times 9,5$	2,22	1,82	4,04	2,30	6,34	64
	$4 \times 4 \times 19$	1,86	1,46	3,32	2,86	6,18	54

Таблица 5

Размер щепы	Канифоли в г				Всего канифоли	Процент извлечения
	в экстракте	в пробах	итого	в щепе		
20	2,42	2,38	4,80	3,29	8,09	59
17—18	2,6	2,8	5,4	2,76	8,16	66
12	2,65	2,93	5,58	2,47	8,05	69
10	2,8	3,02	5,82	2,36	8,18	72
7	2,91	3,23	6,14	2,04	8,18	75
5	2,81	3,51	6,42	1,78	8,10	79

Продолжительность экстракции также должна быть разной — более короткой в первом случае, когда состояние равновесия наступает быстрее, и более продолжительной во втором и третьем случаях. Выход канифоли из щепы разного размера в зависимости от продолжительности процесса экстракции представлен в табл. 4 и 5. На рис. 4 и 5 на основа-

нии данных табл. 3 и 5 показаны ход экстракции и процент извлечения канифоли из щепы разного размера в зависимости от продолжительности экстракции.

### Выводы

1. Выход канифоли из щепы образца с влажностью 13%, измельченной поперек волокон, получился на 10—14%, а в случае образца с влажностью 23,5% на 3—5% больше, чем из щепы, измельченной вдоль волокон, при одинаковых условиях опыта.

2. При экстракции щепы размером более 20 мм выход канифоли составил 59%, а при размере 5 мм — 79% при прочих равных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. С. Васечкин. Технология экстрактивных веществ дерева. Гослесбумиздат, М.-Л., 1955. [2]. Л. В. Гордон, В. В. Фефилов, С. О. Скворцов, Г. Д. Атаманчуков. Технология лесохимических производств. Гослесбумиздат, М.-Л., 1953. [3]. М. К. Жлобо. Опыт работы канифольно-экстракционного цеха Нейво-Рудянского завода. Усовершенствование производства экстракционной канифоли. вып. 2, Гослесбумиздат, М.-Л., 1957. [4]. И. П. Коленко, В. Н. Козлов. Экстракция смолистых веществ из свежего осмола органическими растворителями. Изв. Сибирского отделения АН СССР, № 8, Новосибирское книжное изд-во, 1958. [5]. С. Я. Коротков. К вопросу о теории экстракции смолистых веществ из древесины органическими растворителями. Статья первая. Труды всесоюзного заочного Лесотехнического института № 31, 1958. [6]. М. М. Павлюченко, В. М. Акулович. Экстракция смолы из осмола дихлорэтаном. Изв. АН БССР, № 4, 1948. [7]. А. И. Скриган. Комплексное использование пневого осмола и древесины хвойных. Материалы апрельской сессии АН БССР по техническим наукам 1945 г. Изд. АН БССР, Минск, 1947. [8]. Д. Н. Смирнов. Канифольно-экстракционное производство. Гослесбумиздат, 1938. [9]. В. П. Сумароков, Л. В. Гордон. Химико-технический контроль лесохимических производств. Гослесбумиздат, М.-Л., 1956. [10]. И. Филиппович, В. Лямин, М. Сорокин. Влияние измельчения пневого осмола на ход и результаты экстракции из него канифоли. Химстрой, № 6, Гос. научно-техническое изд-во 1931.

Поступила в редакцию  
27 июля 1959 г.

## О ВЛИЯНИИ ПОМОЛА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА РАВНОВЕСНОЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ

**В. В. КРАСНИКОВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Московский технологический институт пищевой промышленности)

В состоянии гигротермического равновесия влажного материала с окружающим влажным воздухом влагосодержание тела приобретает некоторое постоянное значение, называемое равновесным влагосодержанием ( $u_p$ ). В общем случае оно зависит от температуры и влажности воздуха, от способа достижения равновесия и от характера предварительной обработки влажного материала.

Знание зависимостей равновесного влагосодержания тела (установившегося в результате как процесса сушки, так и увлажнения) от относительного давления пара при различных температурах среды имеет очень большое значение, так как позволяет провести анализ форм связи влаги с капиллярно-пористым коллоидным телом (что необходимо при выборе оптимального режима сушки) и установить значение конечного влагосодержания материала при сушке в соответствии с условиями хранения (что особенно важно при кондуктивной сушке таких волокнистых материалов, как целлюлоза, картон, бумага).

В настоящей статье эти вопросы рассматриваются применительно к древесной массе и сульфитной небеленой целлюлозе, имеющим удельную массу  $100 \text{ г/м}^2$ .

Влияние помола целлюлозы на ее физические свойства изучалось многими исследователями [2], [3], [4], [5].

Д. Джонс [3] установил, что увеличение содержания древесной массы повышает равновесное влагосодержание бумаги при одной и той же влажности воздуха, что совпадает с нашими данными.

Д. М. Фляте [2] заметил, что бумаги более жирного помола сохнут несколько медленнее бумаг садкого помола; это становится особенно заметным при удалении «связанной влаги» (заключенной в стенках волокна), которую он оценивает величиной влагосодержания, равной 30%. Считая, что в процессе помола количество «связанной влаги» практически не изменяется, Д. М. Фляте объясняет уменьшение скорости сушки у жирных бумаг большим сопротивлением прохождению влаги, что не является точным. Ниже это будет пояснено.

С. О. Себорг, Ф. А. Симмондс, П. К. Бейрд [5] исследовали сорбцию паров воды материалами бумажного производства с целью изучения сорбционного гистерезиса в зависимости от последовательно проводимых сушек и увлажнений целлюлозы без выявления влияния степени помола на равновесное влагосодержание и без изучения форм связи влаги

с материалом. Их данные по равновесным влагосодержаниям материала близки к данным автора, а изотермы размолотого и немолотого материала в принципиальном отношении соответствуют изотермам, полученным автором.

Существует очень много схем классификации форм связи влаги с материалом, построенных по различному принципу. Например, задержанная волокнистым материалом вода характеризуется по месту нахождения ее в этом материале: наружная капиллярная вода (вне волокон), внутренняя капиллярная вода (в каналах волокон) и вода стенок волокон; иначе говоря, вода в целлюлозных волокнах делится на коллоидно-связанную и капиллярную воду. Однако эти схемы не являются исчерпывающими с физической и химической точек зрения.

В процессе сушки материала нарушается форма связи влаги, при этом затрачивается определенная энергия. Поэтому нет оснований различать множество форм связанной воды по случайным признакам, не имеющим отношения к энергии связи.

Наиболее подробной и универсальной классификацией, охватывающей все разнообразие форм связи, является схема акад. Ребиндера, основанная на интенсивности энергии связи.

Все формы связи делятся на три больших раздела: 1) химическая, 2) физико-химическая (осуществляемая в формах адсорбционной и осмотической), 3) физико-механическая (к которой относятся связи в микро- и макрокапиллярах и связь смачивания). Каждая форма характеризуется семью основными признаками, как-то: характером данной формы связи, условиями образования, причиной, обуславливающей ее, энергией связи, условиями ее нарушения, изменением вещества, примерами веществ, образующих данную форму связи.

Дальнейший анализ форм связи влаги с целлюлозой и древесной массой будет проведен согласно описанной классификации.

Исследование характера связи поглощенного вещества (влаги) с целлюлозой проводилось тензиметрическим методом [1]. Большая длительность опытов при этом методе исследования оправдывается достаточной их точностью.

Взвешенные образцы сульфитной небеленой целлюлозы разных помолов и древесной массы, изготовленных в виде дисков диаметром в 3 см, закладывались в стеклянные бюксы (одна половина бюксов была заполнена абс. сухими образцами, другая — влажными).

Бюксы ставились в эксикаторы с известной относительной влажностью воздуха, которая достигалась обычным способом с помощью серной кислоты определенной концентрации. Загруженные эксикаторы помещались в термостаты, где выдерживались при температуре 25°С.

Через каждые пять дней бюксы с навесками взвешивали на аналитических весах; это продолжалось до тех пор, пока они не достигли постоянного веса, что означало достижение равновесия между водяным паром и влагой материала. Последнее позволяло определить влагосодержание образцов.

В результате проведенного исследования была найдена зависимость равновесного влагосодержания материала от относительной влажности воздуха (рис. 1 и 2).

Из рисунков видно, что изотермы имеют S-образный вид. Вначале кривая обращена выпуклостью к оси абсцисс, затем — к оси ординат.

Известно, что классическая изотерма адсорбции, соответствующая мономолекулярной адсорбции, имеет параболический вид, причем кривая обращена к оси влагосодержания, тогда как изотерма полимолекулярной адсорбции обращена выпуклостью к оси относительного давления. Сле-



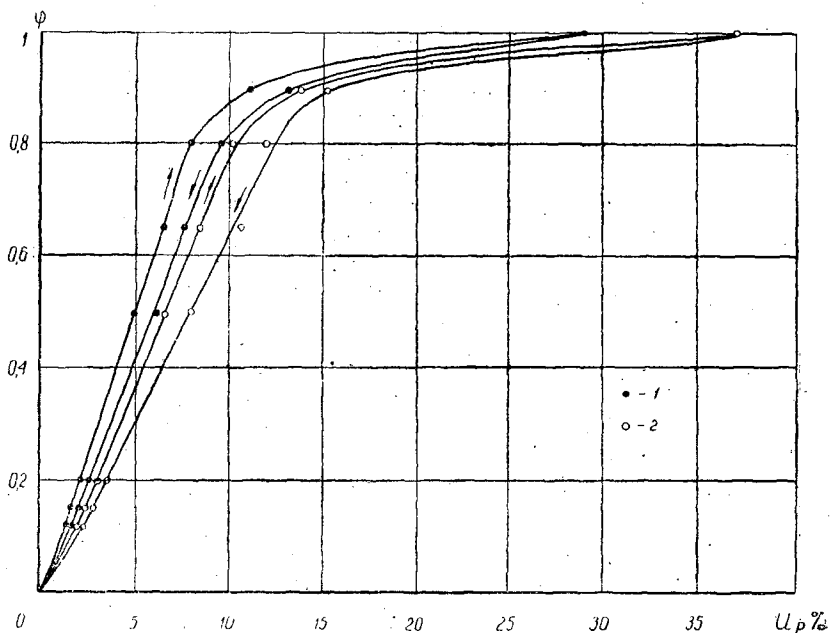


Рис. 1. Изотермы сорбции и десорбции целлюлозы и древесной массы при температуре 25° С.

1— сульфитная небеленая целлюлоза, уд. масса  $100 \frac{г}{мг}$ , помол 45° ШР;

2— древесная масса, уд. масса  $100 \frac{г}{мг}$ .

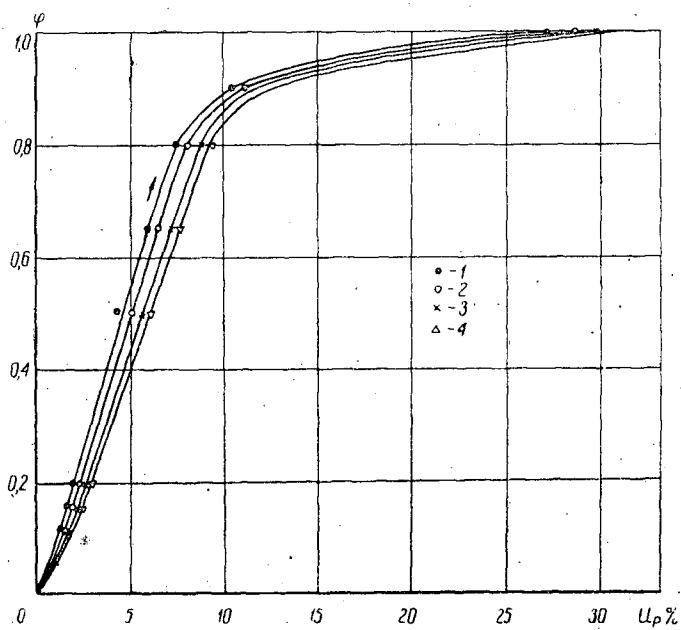


Рис. 2. Изотермы сорбции целлюлозы различных помолов при температуре 25° С.

Сульфитная небеленая целлюлоза, уд. масса  $100 \frac{г}{мг}$ ; 1— помол 37° ШР;

2— помол 45° ШР; 3— помол 64° ШР; 4— помол 89° ШР.

довательно, на первоначальном участке изотермы, примерно до  $\varphi = 0,1$ , имеем мономолекулярную адсорбцию, а на остальном участке изотермы — полимолекулярную. Таким образом, влага, поглощаемая исследуемыми материалами, адсорбируется на внешних и внутренних поверхностях волокон, образуя полимолекулярные слои жидкости.

Изотермы сорбции и десорбции, как видим, пересекают линию  $\varphi = 1,0$ . Максимальное гигроскопическое влагосодержание (соответствующее  $\varphi = 1,0$ ) для наших образцов лежит в пределах от 27 до 37%, что значительно меньше максимального влагосодержания образцов, которое они могут приобрести при поглощении воды. Такая разница между гигротермическим и гидротермическим поглощением влаги объясняется видом связи ее с материалом.

Как видно из рис. 1, изотермы сорбции и десорбции не совпадают между собой, за исключением двух крайних точек при  $\varphi = 0$  и  $\varphi = 1,0$ . Это несовпадение изотерм сорбции и десорбции носит название сорбционного гистерезиса. Изотерма сорбции лежит выше изотермы десорбции, поэтому равновесное влагосодержание, определяемое по этой кривой, всегда меньше, чем по изотерме десорбции для одной и той же относительной влажности воздуха. Наибольшее расхождение между изотермами сорбции и десорбции наблюдается на участке  $\varphi$  от 0,3 до 0,8. Кривые сорбции и десорбции показывают, что отдача и присоединение влаги целлюлозой и древесной массой происходит неравномерно на всем протяжении процесса, так как различные участки изотермы указывают на различный характер связи влаги с материалом.

Гидратационное влагосодержание, как видно из рис. 1, соответствует по изотерме сорбции относительной упругости пара около  $\varphi = 0,9$ , то есть оно меньше максимального гигроскопического влагосодержания.

Величина сорбционного гистерезиса больше для древесной массы, чем для целлюлозы, причем она возрастает с увеличением градуса помола целлюлозы.

На рис. 2 представлены изотермы сорбции сульфитной небеленой целлюлозы четырех помолов (37°, 45°, 64°, 80° ШР). Все изотермы имеют один и тот же вид, но смещены друг относительно друга: способность поглощать воду путем сорбции увеличивается с возрастанием степени помола, следовательно и обезвоживание отливок будет идти все труднее при переходе от 37 к 80° ШР.

Такое расположение изотерм может быть объяснено тем, что при переходе от целлюлозы с малым градусом помола к сульфитной целлюлозе с большим градусом помола несколько изменяется ее структура. Сульфитная небеленая целлюлоза с большим градусом помола имеет более развитую внутреннюю поверхность и меньшие капилляры, что способствует сорбированию влаги из воздуха; это также указывает на то, что влага, поглощаемая из воздуха материалом, связана в основном адсорбционными силами.

На участке  $\varphi = 0,9 \div 1,0$  преобладает влага микрокапилляров, поглощаемая без выделения тепла. Заполнение водой происходит здесь путем капиллярной конденсации.

Характер изотерм сорбции и десорбции, а также небольшие величины максимального гигроскопического влагосодержания указывают на то, что для древесной массы и сульфитной целлюлозы разных помолов основной связью влаги является физико-механическая связь.

### Выводы

1. Древесная масса и сульфитная небеленая целлюлоза различных помолов являются типичными капиллярно-пористыми коллоидными телами. Граница адсорбционно-связанной влаги в рассмотренных материалах находится в пределах от 10 до 14% влагосодержания. Эта влага, поглощение которой сопровождается выделением тепла, наиболее трудно удаляется при сушке. Начиная с этой границы, вплоть до 27—37% влагосодержания, рассмотренные материалы поглощают жидкость своими микрокапиллярами. Дальнейшее поглощение жидкости выше максимального гигроскопического влагосодержания происходит путем непосредственного соприкосновения материала с жидкостью. В этом процессе поглощения жидкости имеет место заполнение макрокапилляров пор, а также осмотическое поглощение жидкости через полупроницаемые клетки замкнутых стенок. Эта влага, как показывает опыт, удаляется в основном в течение периода постоянной скорости сушки.

2. С увеличением степени помола сульфитной небеленой целлюлозы количество энергии, необходимой для нарушения формы связи влаги с материалом при сушке, увеличивается. Материалы с жирным помолом будут сохнуть медленнее материалов с садким помолом, что будет все резче сказываться по мере приближения к максимальному гигроскопическому влагосодержанию, после которого процесс сушки будет идти со значительным замедлением у жирных сортов материала. Это подтверждается практикой бумажного производства.

3. Конечное влагосодержание материала при сушке, которое может быть установлено по изотермам, лежит в пределах 6—7% (при температуре среды 25° С). При этом конечном влагосодержании материал после сушки не будет сорбировать влагу из окружающего воздуха, и энергия, затрачиваемая на сушку, будет использована наиболее рационально.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Лыков. Тепло- и массообмен в процессах сушки. Госэнергоиздат, 1956.
- [2]. Д. М. Фляте. Влияние степени помола массы на скорость сушки бумаг. «Бумажная промышленность» № 9—10, 1946.

Поступила в редакцию  
31 марта 1959 г.

## ОПЫТЫ ПО СУХОЙ ПЕРЕГОНКЕ БОЛОТНОГО ПНЯ

Э. М. ЦАЦКА

Доцент, кандидат технических наук

Л. С. ГЕНЕНДЕР

Студент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Намечая мероприятия по реализации решений Майского Пленума ЦК КПСС о развитии химической промышленности, трест «Ленгосторф» поставил вопрос о рациональном использовании пней, являющихся отходом производства при добыче торфа. В настоящее время лишь небольшое количество таких пней используется в качестве топлива, основная же масса их не находит сбыта. Эти, так называемые «болотные» пни обычно являются сосновыми, поскольку пни других пород в условиях торфообразования не сохраняются; следовательно, болотные пни представляют собой разновидность пневого соснового осмола.

Трест «Ленгосторф» предоставил нам образцы древесины болотного пня торфопредприятия «Назия», на котором в ближайшее время заготовка болотных пней достигнет 50 000 пл. м<sup>3</sup> в год. Экстракция серным эфиром проб, отобранных из этих образцов древесины, показала, что канифоли и вообще смолистых в них меньше, чем в нормальном пневом осмоле, но несколько больше, чем в смеси щепы проэкстрагированного пневого осмола и различных древесных пород, сжигаемой ныне на заводе «Вахтан» в топке-генераторе ЦКТИ системы В. В. Померанцева. В последнем случае из такой малосмолистой древесины, наряду с другими продуктами, получают осадочную смолу, которой в регенератной промышленности успешно заменяют неоднородную и дорогостоящую смолу смолокуренного производства. Это обстоятельство наводит на мысль о том, что одним из методов утилизации болотного пня может быть энергохимическое использование его путем сжигания в топке-генераторе.

Для характеристики болотного пня как топлива был сделан анализ пробы его, который дал следующие результаты: содержание в рабочей массе влаги 8,6%, золы 3,05%, серы (колчеданной и органической) 0,23%, углерода 47,17%, водорода 5,57%, кислорода и азота (по разности) 35,38%; низшая теплотворная способность рабочего топлива 4220 ккал/кг, высшая теплотворная способность сухого топлива 5003 ккал/кг, высшая теплотворная способность горючей массы топлива 5176 ккал/кг.

Чтобы выявить потенциальные возможности получения основных лесохимикатов из болотного пня, была проведена серия лабораторных опытов по обычной сухой перегонке его и перегонке в токе инертного

газа (что ближе к условиям швелевания в топке-генераторе). Опыты по обычной сухой перегонке выполнены на лабораторной установке, состоящей из стальной горизонтальной реторты и улавливающей системы. Реторта имела герметически закрывающееся отверстие для загрузки щепы, патрубков для отвода парогазовой смеси и карман для термометра. Обогрев реторты производился муфельной печью, снабженной реостатом. Улавливающая установка состояла из вертикального медного холодильника, электрофилтра, жижкоприемника и барботажного сосуда. К последнему присоединены газовые часы для замера объема неконденсируемых газов.

800 г щепы со средней длиной 10—15 мм, шириной 7—9 мм и толщиной 4—7 мм загружали в реторту, которую устанавливали в муфельную печь. К патрубку реторты присоединяли улавливающую систему, предварительно взвесив жижкоприемник. Включив муфельную печь в электрическую сеть, начинали опыт, во время которого периодически измеряли температуру в реторте и расход неконденсируемых газов. Опыт продолжался 2—2,5 часа; в течение этого времени температура в реторте постепенно повышалась до 600°C. По окончании опыта определяли вес угля, конденсата и неконденсируемых газов; потери устанавливали по разности. Путем отстаивания конденсата получили отстойную смолу и кислую воду; определив вес каждой из них, произвели отдельный анализ: отстойной смолы на содержание влаги в летучих кислотах, кислой воды на содержание летучих кислот и растворимой смолы.

Влажность определяли по методу Дина и Старка, содержание летучих кислот — отгонкой их с водяным паром с последующим титрованием дистиллата, а содержание растворимой смолы — выпариванием кислой воды в фарфоровой чашке на водяной бане. Методом обычной сухой перегонки болотного дня было проведено пять опытов; полученные данные сведены в таблицы. В табл. 1 приведены выходы первичных продуктов сухой перегонки болотного дня в % от исходной древесины.

Таблица 1

Данные опытов	Относительная влажность исходной древесины	Получено в результате сухой перегонки				Потери
		угля	конденсата, в том числе		газа	
			кислой воды	отстойной смолы		
Минимальные . . . . .	7,0	18,8	31,3	15,7	13,7	0,3
Максимальные . . . . .	29,5	27,0	49,7	22,5	18,9	1,2
Средневзвешенные . . . . .	17,0	23,2	39,6	20,2	16,2	0,8

В табл. 2 показан в процентах групповой состав конденсата, полученного при сухой перегонке болотного дня. Количество летучих кислот, полученных в результате сухой перегонки болотного дня, во всех таблицах дано в пересчете на уксусную.

Таблица 2

Данные опытов	Содержание в кислой воде			Содержание в отстойной смоле		
	летучих кислот	растворимой смолы	воды и других компонентов	летучих кислот	воды	абсолютно сухой смолы
Минимальные . . . . .	2,36	5,94	81,32	2,24	27,1	64,79
Максимальные . . . . .	4,30	14,50	91,70	2,65	32,8	70,58
Средневзвешенные . . . . .	3,01	9,63	87,30	2,46	30,14	67,40

Выходы основных продуктов сухой перегонки болотного пня в % от абс. сухой древесины приведены в табл. 3.

Таблица 3

Данные опытов	Получено в результате сухой перегонки					
	угля	летучих кислот	смолы (абс. сухой)			газа
			отстойной	растворимой	суммарной	
Минимальные . . . . .	26,3	1,94	15,3	4,2	19,5	17,2
Максимальные . . . . .	29,2	2,17	17,2	4,9	22,1	21,7
Средневзвешенные . . . . .	27,92	2,04	16,42	4,6	21,02	19,65

Опыты по сухой перегонке болотного пня в токе азота проводились на лабораторной установке, которая состояла из баллона с азотом, газовых часов, подогревателя, вертикальной реторты с внешним электрическим обогревом, приемника, вертикального стеклянного холодильника, барботажного сосуда и электрофильтра. Реторта представляла собой стальной цилиндр (высота 250 мм, внутренний диаметр 50 мм), герметически закрывающийся снизу крышкой на резьбе; в этой крышке имелся патрубок для отвода паропазовой смеси, а в верхнем доньшке — патрубок для ввода азота. Проходя в реторту через подогреватель, заполненный железными стружками, азот не только нагревался, но и очищался от примеси кислорода. 70 г щепы средней длиной 5—10 мм, шириной 5—8 мм и толщиной 3—6 мм загружали в реторту; взвешивали приемник и барботажный сосуд с залитой в него водой, собирали всю установку; затем включали электрообогрев и начинали опыт. Реторту постепенно нагревали до 600°C и в течение 10 мин выдерживали ее при этой температуре. Опыт продолжался 40 мин и за это время через реторту пропускали около 17 л азота.

По окончании опыта определяли вес угля и конденсата, уловленного в приемнике и барботажном сосуде. Вес неконденсируемых газов и потери учитывали по разности. Кислую воду из приемника и барботажного сосуда сливали в отдельную колбу, отстойную смолу, оставшуюся на стенках, растворяли в спирто-ацетоновой смеси (1 : 1), полученный раствор помещали во взвешенную колбу и на водяной бане отгоняли растворитель. Оставшуюся в колбе смолу сушили при 105°C до постоянного веса, охлаждали в эксикаторе и взвешивали.

Кислую воду из приемника и барботажного сосуда анализировали на содержание летучих кислот и растворимой смолы по методике, указанной в предыдущих опытах.

Кислотность отстойной смолы принималась равной кислотности кислой воды.

Таблица 4

Данные опытов	Относительная влажность исходной древесины	Получено в % от абс. сухой древесины				
		угля	летучих кислот	смолы (абс. сухой)		
				отстойной	растворимой	суммарной
Минимальные . . . . .	7,0	21,5	2,33	15,2	12,0	27,2
Максимальные . . . . .	8,0	26,4	3,49	17,3	15,9	33,2
Средневзвешенные . . . . .	7,4	23,4	3,11	16,56	13,65	30,21

Всего по сухой перегонке болотного пня в токе азота проведено пять опытов. В табл. 4 приведены выходы основных продуктов термоллиза болотного пня в процентах от абс. сухой древесины.

Сопоставляя выходы основных продуктов термоллиза болотного пня при обычной сухой перегонке и перегонке в токе азота, видим, что в последнем случае выход угля немного уменьшился, выход отстойной смолы остался неизменным, а выход летучих кислот (и в особенности растворимой смолы) увеличился. В целом результаты опытов свидетельствуют о том, что из болотного пня получается несколько меньше угля и летучих кислот, но больше осадочной смолы и неконденсируемых газов, чем из пневого соснового осмола и обычной хвойной древесины. Особенно значителен выход суммарной смолы в случае перегонки болотного пня в токе азота.

### Выводы

1. Анализы проб болотного пня торфопредприятия «Назия» и лабораторные опыты по сухой перегонке их (обычной и в токе азота) показали, что такие болотные пни вполне пригодны для использования в качестве топлива, дают удовлетворительные выходы угля и летучих кислот и хорошие выходы суммарной смолы.

2. Представляется целесообразным подобные пни подвергать комплексному энергохимическому использованию путем сжигания их в топке-генераторе системы В. В. Померанцева. Промышленная проверка этого способа может быть осуществлена на заводе «Вахтан».

3. Необходимо изучить вопрос применения смолы, которая будет получаться при данном способе переработки болотного пня.

Поступила в редакцию  
10 июня 1959 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

## УРАЛЬСКАЯ ПИРАМИДАЛЬНАЯ ОСИНА

Н. А. КОНОВАЛОВ

Профессор

(Уральский лесотехнический институт)

Гибридизационные работы с тополями на Урале были начаты А. М. Березиным [1] в 1932 г. на Башкирской лесной опытной станции. В послевоенные годы автором данной статьи селекция тополей проводилась на б. Уральской опытной станции зеленого строительства Академии коммунального хозяйства. Здесь выведены две узкокронных и одна ширококронная форма пирамидальных черных тополей [2]. С 1950 г. гибридизация тополей проводится в Уральском лесотехническом институте и одновременно с 1952 г. в Ботаническом саду Института биологии Уральского филиала Академии наук СССР. Одна из перспективных форм серебристых пирамидальных тополей, выведенная в Ботаническом саду, нами описана в другой работе [3].

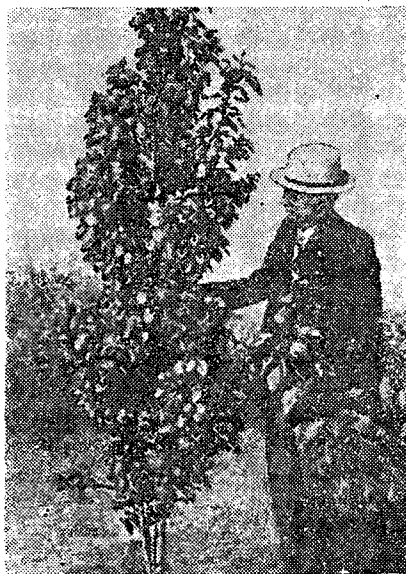


Рис. 1. Уральская пирамидальная осина.

Фото Половникова.

Селекция тополей в Уральском институте имела целью выведение быстрорастущих и декоративных форм. В настоящей статье описывается ценный в декоративном отношении гибрид «Уральская пирамидальная осина», полученная в 1950 г. \*

\* В выведении этой формы принимала участие б. лаборантка И. А. Муравьева.



Материнской особью для него был тополь Яблокова [4]. Ветви для скрещивания получали из Всесоюзного научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, а пыльцу собирали с ветвей осины, присланных нам проф. М. Д. Даниловым из Йошкар-Олы.

Скрещивание проводили в оранжерее. Учитывая возможность подмерзания, сеянцы выращивали в селекционном питомнике института на довольно бедной почве. Только в 1954 г. при пересадке на участок элитных растений было внесено органо-минеральное удобрение.

Сохранившийся один гибридный сеянец весной 1958 г. перенесен в питомник Уральского учебно-опытного лесхоза под г. Свердловском. Остальные четыре сеянца погибли по различным причинам.

Этот сеянец имеет узкопирамидальную форму кроны. Боковые тонкие ветви отходят под острым углом от ствола и растут почти параллельно ему. Молодые побеги серовато-буроватые, голые, блестящие, явно имеющие признаки осины. Кора на стволе сероватая. Почki ребристые, острые. Листья округлые, крупнозубчатые, на длинных черешках, почти ничем не отличаются от листьев осины. Осенью они приобретают красивую красную окраску.

Таким образом, гибридный сеянец имеет побеги, почки и листья осины, а форму кроны тополя Яблокова.

К осени 1957 г., то есть в восьмилетнем возрасте, считая год высева семян, он имел высоту 3 м. Такой сравнительно слабый рост можно объяснить тем, что гибридный сеянец дважды переносился, а в 1958 г. пересажен в третий раз.

Общий облик гибрида, сочетающего признаки осины и пирамидальность кроны тополя Болле, позволяет назвать его Уральской пирамидальной осиной (рис. 1). Учитывая, что за время его выращивания не наблюдалось подмерзаний вследствие полного одревеснения побегов к зиме, можно рекомендовать этот гибрид для внедрения в лесопарки и зеленые посадки на Среднем и Южном Урале.

Размножать Уральскую пирамидальную осину приходится путем окулировки на сеянцы осины или других тополей [4]. В 1957 г. глазками были окулированы корневые отпрыски осины. К осени 1958 г. однолетние побеги, выросшие из глазков, имели длину 53—61 см. Одновременно в этом же году окулированы сеянцы гибридного тополя: тополь белый × тополь Болле. Побеги этой окулировки в однолетнем возрасте достигли 102—115 см.

Исключительная декоративность и морозоустойчивость Уральской пирамидальной осины должны заинтересовать работников лесхозов, где имеются лесопарковые зоны, а также озеленителей городов и рабочих поселков Урала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Березин. Из работ по селекции тополей. Сб. работ по лесному хозяйству, вып. 1, Уфа, 1938. [2]. Н. А. Коновалов. Опыт выведения черного пирамидального тополя для Среднего Урала. Бюллетень Главного ботанического сада. Изд. АН СССР, вып. 24, М., 1956. [3]. Н. А. Коновалов. Опыт выведения серебристого пирамидального тополя на Среднем Урале. Бюллетень Главного ботанического сада. Изд. АН СССР, вып. 28, М., 1957. [4]. А. С. Яблоков. Пирамидальные тополя. Гослесбумиздат, М.-Л., 1956.

Поступила в редакцию  
25 апреля 1959 г.

## О ПЕРВОМ ЛЕСОПИЛЬНОМ ПАРОВОМ ЗАВОДЕ СЕВЕРА

**П. М. ТРОФИМОВ**

Доцент, кандидат экономических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

В 1957 году Гослесбумиздат выпустил в трех книгах коллективную работу (главный редактор В. А. Попов), под названием «Лесная промышленность СССР». Первая книга озаглавлена «Лесозаготовка», вторая — «Лесопиление и деревообработка», третья — «Лесная наука и кадры». Все три книги представляют собой единое целое и освещают развитие лесной промышленности СССР за 40 лет Советской власти. В работе дан большой материал. Составители ее и редакционная коллегия подготовили полезную книгу. Можно сказать, что это первая и пока единственная книга, в которой освещается история лесной промышленности СССР. Во всех трех книгах есть некоторые, иногда и пространные экскурсы в прошлое, в дореволюционную историю лесного хозяйства и лесной промышленности нашей страны. В данном случае мы не собираемся давать развернутую рецензию, разбирать достоинства и недостатки этой работы, хотя в ней есть и то и другое. Мы считаемся с тем, что, например, составители книги «Лесопиление и деревообработка» не изучали специально архивных документов по истории лесопиления времен царской России. Тем не менее необходимо сделать следующее замечание. В указанной книге авторы пишут: «Первый паровой лесозавод появился в Архангельске в середине XIX века» (стр. 11). Проф. Сурож и другие также утверждали, что первый лесопильный завод в Архангельской губернии был открыт в 1856 г.\*

Однако это утверждение не соответствует действительности. В настоящее время документально установлено, что первый паровой лесопильный завод в Архангельске был построен на о. Еревенник в Маймаксе в 1822 г. Инициатором создания этого завода был представитель столичной фирмы Егор Классен. Завод имел 4 рамы с приводом от паровой машины мощностью в 35 л. с. Машина и весь «прибор пильного механизма» были изготовлены на казенных литейных заводах Петербурга и доставлены в Архангельск. В первое время в работе были перебои. Сборка оборудования и его освоение, особенно паровой машины, шли с трудностями. Север имел опытных лесопильщиков, но не было людей, знающих паровые машины. Однако эта трудность была преодолена. После повторной сборки паровой машины в 1823 г. лесозавод стал работать нормально. Для паровой машины и котельной было построено каменное здание, а лесопильное оборудование помещалось в деревянной части. В 1825 г. на заводе были установлены дополнительно две лесорамы и одна циркульная пила.

Таким образом, нет оснований утверждать, что паровое лесопиление на беломорском Севере возникло по инициативе иностранных фирм, и связывать это событие с постройкой Шольцом и Кларком завода в 1856 г.

Появление парового лесозавода было крупным шагом на пути технического прогресса в лесопильном производстве. В 1827 г. поставленные 6 рам обслуживались 105 рабочими, за год было распилено 37,5 тыс. бревен и выпущено 187,3 тыс. досок.

Иностранные фирмы, издавна действовавшие в Архангельске, сразу оценили значение парового лесопиления на русском Севере. Они стремились завладеть первым паровым заводом и стали строить новые. Вскоре завод Егора Классена оказался во владении торгового дома Брандтов, возникли паровые заводы Беломорской компании, Шольца и Кларка, Грибанова и Фонтейнеса.

\* «Лесопромышленник», № 30, стр. 431, 1910.

## СКУМПИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЗАРОСЛЯХ В ЗАПАДНЫХ ОБЛАСТЯХ УССР

*Н. Х. ОСМОЛА*

Ассистент

(Львовский лесотехнический институт)

На кожевенных заводах нашей страны для обработки кожи применяются главным образом экстракты, получаемые из отечественных танидоносных растений. Из них особого внимания заслуживает скумпия, использование которой позволяет значительно расширить базу заготовок дубильного сырья.

Естественный ареал скумпии очень широк. На территории СССР она произрастает в естественных зарослях в Крыму, на Кавказе, в Молдавии и на юге Украины. О естественных зарослях скумпии в западных областях УССР в литературе данных нет.

Изучая возможности и перспективы разведения скумпии в этой части Украины, мы в 1954 г. выявили произрастание пурпурнолистной формы скумпии в естественных зарослях на площади около 15 га в Кельменецком лесничестве (урочища Макаровка и Атаки) и единичными кустами — в Хотинском лесничестве Черновицкой области.



Рис. 1. Однолетняя поросль скумпии  
высотой 3 м.

Произрастание скумпии в Черновицкой области в естественных зарослях обусловлено не только почвенными но и климатическими условиями.

В соответствии с геоморфологическим районированием Европейской части СССР, Черновицкая область относится к южной части Волыно-Подольского плато. Климат этой части плато, по сравнению с другими соседними его районами, более теплый и по многолетним наблюдениям местных метеорологических станций характеризуется следующими данными: средняя годовая температура воздуха равняется  $+8,6^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум  $+39^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Эта часть Волыно-Подольского плато, благодаря своим благоприятным климатическим условиям, получила название Теплого Подолья.

В Кельменецком лесничестве скумпия в естественных зарослях встречается преимущественно в верхней и средней части прибрежного правого склона р. Днестра вместе с дубом, кленом татарским, кленом полевым, берестом, грабом, шиповником, боярышником, бересклетом бородавчатым, бересклетом европейским, кизилом, гордовинной, бузиной черной, терном, барбарисом, крушиной, лещиной.

Скумпия в данных условиях характеризуется хорошим ростом, обильно покрыта крупными листьями и обладает высокой побегопроизводительностью. Отдельные кусты, в возрасте 10—15 лет, после рубки их дают поросль в количестве 10 и больше побегов, высота которых достигает 3 м (рис. 1). Общая высота скумпии в зарослях в среднем составляет 2—2,5 м. Отдельные же кусты, растущие на свободе, в возрасте 20—25 лет достигают крупных размеров: высота 4—4,5 м; диаметр ствола в комле — до 15 см, перечники крон кустов — 4—5 м.

Благодаря сравнительно теплomu климату данного района, скумпия здесь не подмерзает и растет весьма интенсивно.

Урожайные годы скумпии повторяются через один год. Так, например, обильное плодоношение скумпии, произрастающей в естественных зарослях в Кельменецком лесничестве Сокирянского лесхоза Черновицкой области, было в 1953 г., а следующее — в 1955 г. Семена созревают в начале августа.

В 1955 г. в этом лесничестве собрано 15 кг чистых семян. Из этого количества семян можно вырастить 100—120 тыс. шт. посадочного материала, которого хватило бы для создания чистых скумпиевых плантаций на площади примерно 10—12 га.

Скумпия в этом районе размножается также отводками, идущими вверх и вниз по склону.

Скумпия, произрастающая в естественных зарослях в западных областях УССР, отличается высокой продуктивностью. С одного куста в среднем можно собрать 900—1600 г сырого листа.

Листья скумпии, собранные нами в конце сентября 1955 г. в Кельменецком лесничестве, характеризуются следующим составом (табл. 1).

Таблица 1

Состав	Содержание, %
Сухое вещество . . . . .	40,37
Аналитическая влажность . . . . .	8,00*
Общий сухой остаток . . . . .	34,69
Таннины . . . . .	16,77

Из приведенной таблицы видно, что в листьях скумпии, произрастающей в естественных зарослях в западных областях УССР, содержится сравнительно большое количество таннидов и абсолютный выход их составляет 4,19 г из 1 л листьев, доброкачественность равна 50,7%.

Наличие и хорошее состояние скумпии в западных областях УССР, ее высокая продуктивность и таннидоносность, а также быстрый рост свидетельствуют о том, что здесь имеются все необходимые условия и возможности для искусственного разведения этой породы. Поэтому, с нашей точки зрения, имеющиеся естественные заросли скумпии в западных областях УССР необходимо использовать, в первую очередь, как источник получения семян для выращивания посадочного материала, необходимого для создания промышленных скумпиевых плантаций в данных условиях.

## ЖЕЛТАЯ ПУЗЫРЧАТАЯ РЖАВЧИНА — ХРОНИЧЕСКОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ СОСНЯКОВ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Н. ИЕРУСАЛИМОВ

Инженер

(5-я Московская аэрофотолесоустроительная экспедиция)

В полевой период 1958 г. 2-я Амурская партия 5-й Московской аэрофотолесоустроительной экспедиции проводила лесопатологическое обследование насаждений Тыгдинского и Урушинского лесхозов Амурской области.

Во время обследования мы столкнулись с заболеванием сосны, весьма характерным для Амурской области и (ввиду его локализованности) мало описанным в нашей литературе с точки зрения лесозащиты.

Заболевание это вызывается ржавчинным грибом *Cronartium quercus* (Brond) Shröt, попеременно паразитирующим на сосне и дубе. Пузырчатая ржавчина широко распространена на востоке США, в Японии и в Советском Союзе в пределах Амурской области. В стадии, поражающей только дуб, грибок встречается в странах юго-западной Европы. В Японии и Америке грибок паразитирует на многих видах сосны и дуба, у нас только на сосне обыкновенной и дубе монгольском и встречается в массе там, где налагаются друг на друга ареалы этих пород, то есть в среднем течении р. Амура.

Заражение сосны происходит через хвою\*. В первый год болезненные изменения мало заметны, несколько утолщается древесина у основания хвоинки. Заметны белые потеки смолы. В дальнейшем на ветви образуется наплыв, который растет вместе с ветвью. На третий год наплыв обычно односторонний, достигает 2 см в диаметре. Явно заметная рана образуется позднее. Она скрыта под черной отпадающей корой, пропитанной смолой, выступающей иногда крупными полупрозрачными желваками, в которых иногда обитают листовертки. Раны эти усиленно зарастают и наплывы имеют изобужденную извилистыми проростами поверхность.

Грибок кочет по поверхности наплыва, который существует обычно очень продолжительное время. К 14—15 годам наплыв вырастает до 5—6 см в диаметре и 7—8 см в длину, а к 25 годам достигает 22—25 см в диаметре при диаметре ветви 6—8 см. В некоторых случаях наплыв может достигать 0,5 м в диаметре и сучья под его тяжестью иногда обламываются. Древесина наплыва отличается от древесины ветви более широкими годичными слоями, менее выраженной осенней древесиной и более ясно видимыми сердцевинными лучами. Встречаются просмоленные участки и заросшие прорости.

Ежегодно весной на поверхности раны образуются желто-оранжевые эцидии гриба. Эцидиоспоры заражают листья дуба. Летом на листьях дуба образуются уредоспоры, вновь заражающие листья дуба, а осенью — телеитоспоры, заражающие сосну.

Таким образом, постоянными источниками инфекции являются наплывы на ветвях сосны, а промежуточным хозяином — дуб монгольский. Споры переносятся ветром часто на весьма значительные расстояния от границы совместного произрастания дуба и сосны (до 200—300 км).

Поселение гриба на ветви не вызывает ее гибели и даже ясно видимых признаков ослабления, не сказываясь, таким образом, сколько-нибудь заметно на общем состоянии дерева. Из 483 деревьев на пяти пробных площадях имелось только четыре дерева, усохших и имеющих наплывы. Все они были в значительной мере повреждены низовым пожаром, поэтому сомнительно, чтобы основной причиной гибели этих деревьев было заболевание.

\* Weber Georg F. Yellow pine blister rust. Press bulletin 525. University of Florida, 1938.

При анализе пробных площадей выяснились некоторые закономерности, характеризующие течение болезни древостоя. Так, например, относительное количество зараженных деревьев в зависимости от диаметра было следующим (табл. 1):

Таблица 1

Ступени толщины	Количество деревьев		
	всего	зараженных	в %
8—12	159	57	35,8
16—20	190	109	57,5
24—28	139	114	82,0
32—36	73	65	89,0
40—44	30	27	90,0

На основании таблицы можно заключить, что с увеличением диаметра степень зараженности вначале возрастает резко, затем интенсивность дальнейшего заражения падает и часть деревьев, даже достигнув максимального диаметра, остается незараженной. Это говорит о существовании форм сосны, устойчивых к заражению.

Степень зараженности кроны модельных деревьев не зависит от диаметра дерева и колеблется в пределах 4,5—8,0% (среднее 5,3%). Это говорит о небольшой агрессивности болезни.

При дальнейшем анализе модельных деревьев мы выяснили, что с увеличением порядка ветви уменьшается степень зараженности ветвей (табл. 2).

Таблица 2

Порядок ветви	Зараженность ветвей, %
Первый . . .	23,5
Второй . . .	10,3
Третий и выше	6,5

Эти данные говорят об увеличении устойчивости сосны с возрастом против инфекции.

Таким образом на основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что *Cronartium quercus* вызывает хроническое заболевание древостоя, не вызывающее гибели сосны и не имеющее тенденции к широкому развитию, которому, очевидно, препятствуют ограничивающие факторы.

На образование наплывов расходуется некоторое количество древесины, часть которой должна была пойти на образование ствола. В среднем объем наплывов составляет около 2—6% объема дерева, хотя изредка он достигает 37% объема ствола. Однако общая масса наплывов при пересчете на 1 га невелика — 0,64—2 м<sup>3</sup>/га при полноте древостоя 0,3—0,5. Наплывы на стволе заставляют часть древесины относить к дрявовой. Есть указания, что большое количество наплывов обедняет ствол смолой и ухудшает механические свойства древесины.

Будучи заболеванием, не опасным для взрослых древостоев, в районах интенсивного лесоразведения США *Cronartium quercus* является опасным заболеванием на питомниках, где в посевном отделении от него гибнет до 10% семян сосны, а в культурах в первые 6 лет поражается до 20% саженцев. С развитием лесокультурного дела проблема защиты питомников от этого заболевания может возникнуть и в Амурской области.

Основной мерой борьбы с широким распространением болезни будет являться разделение в пространстве сосны и дуба, а возможно и удаление дуба из насаждений запада Амурской области, как бесперспективной породы.

Поступила в редакцию  
13 мая 1959 г.

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

МЕЖВУЗОВСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОПРОСАМ  
МЕХАНИЗАЦИИ ТРУДОЕМКИХ РАБОТ  
В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. Р. РОДИН

Начальник научно-исследовательского сектора

(Московский лесотехнический институт)

С 25 по 30 сентября 1959 г. в Московском лесотехническом институте прошла созванная Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР общесоюзная межвузовская конференция на тему: «Современное состояние и пути развития конструкций машин и технологии погрузочно-штабелечных работ в лесной промышленности».

Перед конференцией стояли следующие задачи: обсуждение современного состояния механизации, обмен опытом и разработка мер, направленных на дальнейшее совершенствование конструкций машин и технологии погрузочно-штабелечных работ в лесной промышленности, координацию научных исследований, проводимых вузами, а также налаживание более тесной связи с работниками производства.

Конференция была весьма представительной: в ней приняли участие более 300 работников научных учреждений и производственных предприятий. В числе делегатов было 15% докторов и кандидатов наук, 35% других научных сотрудников, 15% производственников из предприятий лесной промышленности, 22% представителей министерств, совнархозов и других организаций и 13% аспирантов и студентов.

С докладами на конференции выступили представители 14 учебных заведений, 8 совнархозов, 15 научно-исследовательских институтов и 9 других организаций.

За время работы конференции было проведено 4 пленарных и 8 секционных заседаний. Всего на конференции было представлено более 70 докладов и сообщений, тезисы которых в большинстве были опубликованы.

На пленарных заседаниях конференции было заслушано 4 доклада.

Основной доклад на тему «Задачи технического прогресса в лесной промышленности» сделал заместитель председателя Госплана РСФСР Г. М. Орлов, отметивший, что работники лесной промышленности идут в ногу с тружениками других отраслей промышленности нашей страны и настойчиво выполняют установленные планы. Повысилась комплексная выработка на одного списочного рабочего, занятого на лесозаготовках предприятий Российской Федерации. Лесная промышленность стала рентабельной.

Благодаря неустанной заботе партии и правительства и самоотверженному труду миллионной армии тружеников леса лесозаготовительная промышленность первой, из числа других тяжелых отраслей нашего народного хозяйства, переняла по объему производства США.

Наша главная задача в области технического прогресса на лесозаготовках состоит в создании условий для досрочного выполнения заданий семилетнего плана по росту производительности труда. Мы обязаны создать такие условия работы в лесу, обеспечить лесозаготовителей такой техникой, чтобы задание семилетки — достичь комплексной выработки списочного рабочего в 530 м<sup>3</sup> по ряду районов было выполнено в 1961—1962 гг. и в целом по промышленности — в 1963 г.

Первоочередным и неотложным делом для нас является завершение комплексной механизации в лесной промышленности.

Таким же важным делом является дальнейшая техническая реконструкция предприятий на базе внедрения новейшей техники и технологии лесозаготовок. В связи с этим в ближайшее время необходимо осуществить полный переход на

работу малыми комплексными бригадами с максимальным совмещением рабочими отдельных профессий. Повсеместно должны внедряться уже давно полностью оправдавшие себя трелевка деревьев с кронами и вывозка леса в хлыстах. При этом автовывозку древесины следует принять в качестве основной.

Для обеспечения дальнейшего роста производительности труда требуется создание новых более совершенных машин и механизмов и, в первую очередь, хорошо продуманных агрегатных машин совмещающих несколько операций технологического процесса лесозаготовки.

Первоочередной из этих машин является работоспособный тягач, могущий обеспечить трелевку и вывозку леса, и создание высокопроизводительного агрегата для обрубки сучьев.

С докладом «Пути развития техники и технологии погрузочно-разгрузочных работ в лесной промышленности» выступил член коллегии Государственного научно-технического комитета при Совете Министров СССР Л. В. Роос.

В своем выступлении тов. Роос подчеркнул, что на июньском Пленуме ЦК КПСС вопросам механизации погрузочно-разгрузочных работ в лесной промышленности не случайно уделялось большое внимание. В лесной промышленности на них приходится более одной трети трудозатрат. Поэтому проблема дальнейшего совершенствования технологии погрузочно-разгрузочных работ является чрезвычайно важной.

Затем докладчик подробно остановился на основных направлениях дальнейшего развития техники и технологии погрузочно-разгрузочных и штабелечных работ в лесной промышленности.

Доктор технических наук Б. А. Таубер (МЛТИ) сделал доклад на тему «Анализ современных конструкций погрузочно-разгрузочных машин для лесных грузов и пути их развития». Докладчик дал подробный анализ современных конструкций погрузочно-разгрузочных машин, работающих в лесной промышленности. Отметив, что конструкторские и научно-исследовательские работы в этой области ведутся без достаточной координации, докладчик предлагает создать координационный комитет.

Доц. К. И. Вороницын (ЦНИИМЭ) сделал сообщение о механизации работ в лесной промышленности за рубежом.

В своем докладе он рассказал о состоянии механизации лесозаготовок за рубежом, отметив при этом, что по производительности труда в 1959 г. мы уже почти догнали скандинавские страны. По признанию многих зарубежных специалистов лесозаготовительная промышлен-

ность Советского Союза находится на большом подъеме.

На конференции работало четыре секции по следующим проблемам.

1. Механизация погрузочных работ на лесосеке и верхних складах.

2. Механизация погрузочных и штабелечных работ на нижних лесных складах.

3. Механизация погрузочно-штабелечных работ на лесосплаве и лесоперевалочных базах.

4. Вопросы теории и конструкции подъемно-транспортных машин для лесной промышленности.

Из вузов наибольшее количество докладов было представлено Московским лесотехническим институтом. Активное участие приняли также Ленинградская ЛТА, Белорусский ЛТИ, Львовский ЛТИ, Сибирский технологический институт, Новосибирский институт инженеров водного транспорта, а из числа научно-исследовательских и проектных организаций — ЦНИИМЭ, СибНИИЛХЭ, Гипролесмаш, Гипролестранс.

Следует отметить исключительную активность на конференции работников производства, которым принадлежит ряд докладов и большое число выступлений на пленарных заседаниях.

Для участников конференции были организованы две выставки. На одной из них были представлены действующие машины и механизмы, разработанные МЛТИ и Гипролесмашем, на другой — графические материалы и фотографии машин и механизмов (МЛТИ, ЦНИИМЭ, Гипролесмаша, Гипролестранса и др. организаций).

Кроме того, во время конференции демонстрировались научные фильмы по механизации трудоемких работ в лесной промышленности.

В принятом конференцией постановлении отмечено, что в настоящее время погрузочно-разгрузочные работы механизированы значительно слабее, чем валка, трелевка и вывозка. Для дальнейшего технического прогресса в лесу необходимо совершенствовать технику и технологию работ по погрузке и штабелевке древесины. Опыт последних лет и проводимые рядом институтов научные исследования позволили выявить наиболее целесообразные направления механизации тяжелых и трудоемких работ в лесу. К ним, прежде всего, относятся: развитие крупнопакетной погрузки с применением погрузчиков целостного и грейферного типа на базе тракторных тягачей, кабельных и консольно-козловых кранов при оснащении их торцевыми выравнивающими устройствами, применение специальных башенных кранов на малых складах, разработка валочно-трелечных и валочно-транспортных



машин, дальнейшее развитие воздушно-трелевочных установок и канатных дорог, а также внедрение вертолетов для транспортировки леса в горных условиях.

Заслуживают серьезного внимания такие вопросы, как механизация погрузки и выгрузки коротья из крытых волоков; формирование единого пакета лесоматериалов, неделимого в процессе транспорта от пункта отправления до пункта потребления или переработки; применение в грузоподъемных машинах турботрансформаторов, шинно-пневматических муфт, гидротолкателей, а в трансмиссии тяжелогруженных машин — зубчатых передач системы Новикова; дистанционное управление трелевочными, штабелевочными и погрузочными машинами при

помощи бесконтактной радиотелемеханической системы.

В постановлении подчеркнута необходимость усиления теоретических исследований, поставлена задача разработки нормативов для выбора и сравнительной оценки конструкций погрузочных машин и выражена просьба к ГНТК СССР о выделении головных организаций, которые осуществляли бы координацию всего комплекса работ по созданию новых машин и широкому внедрению их в производство.

Участники совещания единодушно отметили большое значение, своевременность и необходимость в дальнейшем периодических созывов таких конференций.

Поступила в редакцию  
18 ноября 1959 г.

ЗА РУБЕЖОМ

КЕДРОВЫЕ ЛЕСА УЕЗДА ИЧУНЬ КИТАЙСКОЙ  
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**В. Я. КОЛДАНОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Институт леса и древесины АН СССР)

**К. П. СОЛОВЬЕВ**

Доктор сельскохозяйственных наук

(Дальневосточный научно-исследовательский  
институт лесного хозяйства)

Леса уезда Ичунь расположены в северо-восточной части провинции Хейлунцзян в горах Малого Хингана.

Из всех лесов Малого Хингана кедрово-широколиственные имеют наибольшую ценность не только как источник древесины, но и как кормовая база охото-промысловой дичи и как почвозащитный фактор.

Основной лесобразующей породой кедрово-широколиственных лесов является кедр корейский\*. Это дерево имеет мощную крону, достигает 40 м высоты и более 1,5 м в диаметре и живет в районе Малого Хингана до 400 лет. Корневая система его состоит из короткого стержневого корня и многочисленных сильно развитых боковых корней, которые на мщных почвах проникают в грунт до 1—1,3 м. (см рис. 1).

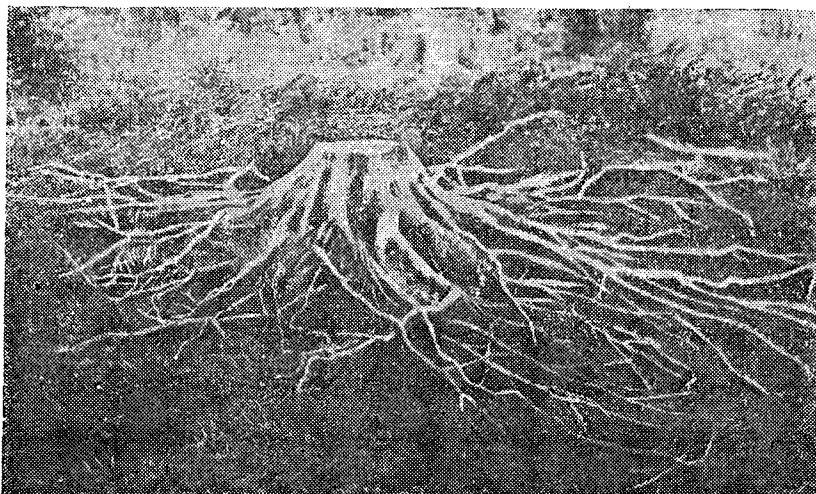


Рис. 1. Корни кедра корейского. Август. 1957 г.

Фото А. М. Стародубова.

\* Кроме кедрово-широколиственных лесов, кедр встречается (в составе древостоев и в возобновлении) в небольшом количестве в крупно-папоротниковых ельниках, входящих в состав елово-пихтовых лесов Малого Хингана.

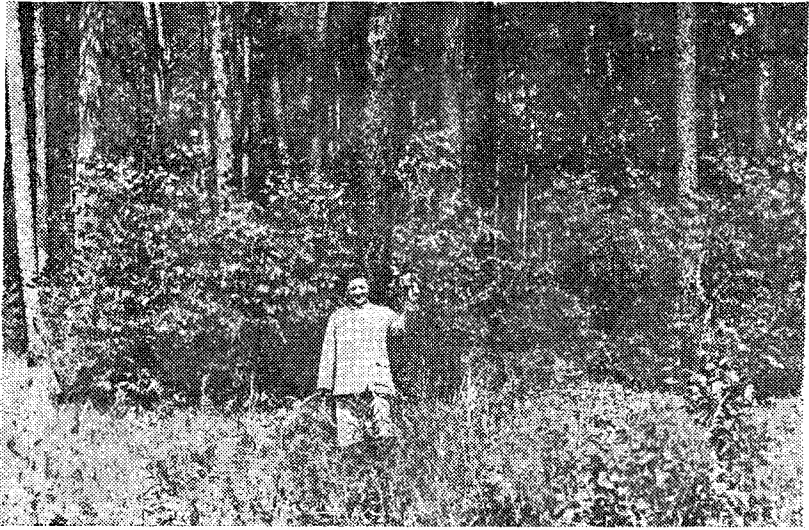


Рис. 2. Кустарниковый кедровник с елью. Август 1957 г.

Фото Г. Ф. Старикова.

По отношению к свету кедр — пластичная порода; с раннего возраста он может выдерживать длительный период затенения (до 50—70-летнего возраста и более), а после осветления — хорошо расти до 300 лет без снижения технических свойств древесины. На лесосеках после сплошных рубок в кедровниках средних полнот сохранившийся подрост кедровника приспособляется к новым условиям лучше, чем подрост ели и пихты. Как показывают данные Дайлинской опытной станции, пятилетний кедр при степени затенения 0,3—0,5, растет в высоту успешно (средние высоты 30—33,5 см, прирост по высоте за 1 год 13—14,5 см), верхний побег развивается хорошо, ветвление умеренное. При большей степени затенения наблюдается слабое ветвление, плохое развитие корневой системы и меньшие высоты. При полном освещении (на открытых местах) высоты кедровника несколько меньше, чем при средней степени затенения (0,5—0,7); однако диаметр у шейки больше, корень хорошо развит, стембель начинает рано и сильно ветвиться.

Кедр растет обычно на пологих и крутых склонах гор, избегая холодных и мокрых почв с плохой аэрацией. По сравнению с елью аянской и пихтой белокорой, он менее чувствителен к заморозкам и более требователен к теплу. Ветроустойчивость его выше, чем у ели аянской. Зрелость кедровника в открытых чистых культурах наступает в 18—20 лет (Хабаровск, Северо-Восточный Китай), в лесу к 30—60 годам (в зависимости от условий местопроизрастания). Период цветения в районе Дайлина, по материалам Хуан-Хуи, продолжается около 15 дней (третья декада июня — первая декада июля) при температуре воздуха не ниже 17° С. При более низкой температуре цветение несколько запаздывает.

В естественных условиях обильные урожаи кедровых семян повторяются через 3—4 года (1946, 1949, 1952, 1955). Шишки держатся на дереве до весны и лета следующего за созреванием года. Созревают они в конце сентября — в октябре и тогда же частично опадают. Наибольшее количество шишек наблюдается у деревьев кедровника в возрасте 140—200 лет с диаметром на высоте груди от 45 до 65 см.

В районе Малого Хингана в обильные семенные годы с одного дерева кедровника собирают от 200 до 500 шишек, а с 1 га семян кедровника до 1500 кг; в средние же по урожайности годы — 69 шишек с одного дерева, а с 1 га — 400 кг семян при грунтовой всхожести 80%.

Наибольшее количество шишек встречается в кедровниках, растущих по нижним пологим склонам гор с полнотой древостоев 0,4—0,5.

В табл. 1 дается краткая характеристика основных типов кедровых лесов.

Отличительными чертами кедровников в уезде Ичунь Малого Хингана, по сравнению с кедровниками Амуро-Уссурийской подобласти Советского Дальнего Востока, являются преобладание чистых спелых и перестойных насаждений кедровника высокой полноты и недостаточное возобновление кедровника под пологом; относительно меньшая разновозрастность кедровника; единичная или более значительная примесь в составе почти всех кедровников ели аянской и пихты белокорой, а в придолинных кедровниках и листвен-

Таблица 1

Типы кедровников, ярусность и состав	Условия местобитания	Таксационные показатели дая кедр			Возобновление на 1 га	Примечание
		возраст, лет бонитет	$\frac{D}{H}$ м	число стволов шт./га запас м <sup>3</sup> /га		
<p>1. Влажные кедровники на наиболее развитых почвах. Кустарниковый с елью 3 яруса, сомкнутость высокая. I ярус (5—10) К (0—3) Е (0—2) лиственных (Лп, Бж, Илд); II ярус Клм, Е, П; III ярус (редкий) Клз, Клж. Подлесок средней густоты, высотой 2—2,5 м; преобладают: лещина манчжурская, чубушник Шренка, жимолости золотистая и Рупрехта, лещина даурская, элеутерококк, виноград амурский, лимонник</p>	<p>Пологие и покатые* нижние склоны гор преимущественно западной и северной экспозиции, 300—400 м над ур. моря. Почва бурая лесная, суглинистая, влажная, мощность 100—200 см; pH—7 в гумусовом горизонте и pH—5 в осевальных. Напочвенный покров травянистый, средней густоты и густой, высотой до 80 см, неравномерный, представлен: (<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nak., <i>D. amurensis</i> chrütz., <i>Athyrium filix femina</i> Roth, <i>A. acrostichoides</i> Diels; <i>Adiantum pedatum</i> L; <i>Carex pilosa</i> Scop. <i>C. ussuriensis</i> Kom.; В моховом покрове преобладают <i>Scleroglossum jaromiricum</i> Lind и др.</p>	<p>150—200 II</p>	<p>35—40—45 24—28**</p>	<p>200—300 360—450</p>	<p>400 шт.*** из них хвойных 38% (в том числе кедр 24%). Преобладают самосев в возрасте до 5 лет: хвойных 21% и лиственных 56%.</p>	<p>Наиболее распространен в районе Уин</p>
<p>Кленово-лещинный 2-3 яруса; сомкнутость высокая. I ярус 10К+Лп; II ярус (редкий) Клм, Клз, Клж, Бж, П</p>	<p>Относительно более дрегнированные места нижних пологих и покатых склонов тор, главным образом северных экспозиций; высота над ур. моря 320—400 м. Почва бурая лесная, суглинистая. Напочвенный покров травянистый редкий и средней густоты, неравномерный, с двумя подъярусами; моховой выржен слабо или отсутствует. Мхи встречаются на валеже, старых пнях, деревьях</p>	<p>200 II</p>	<p>35 28</p>	<p>330 450—550</p>	<p>П—2800 шт. (старше 5 лет), К (самосев и подрост) — 950 шт., различных лиственных — 2400 шт.</p>	

Продолжение табл. 1

Типы кедровников, ярусность и состав	Условия местообитания	Таксационные показатели для кедр			Возобновление на 1 га	Примечание
		возраст, лет бонитет	$\frac{D \text{ см}}{H \text{ м}}$	число стволов шт./га запас м <sup>3</sup> /га		
<p>Кустарниковый с пихтой белокорой 2 яруса. Общая сомкнутость 0,7.</p> <p>1 ярус 10 К + ед. Бэр, Ос*, П ярус П, Е.</p>	<p>Верхние части склонов гор, влажные и относительно более холодные; высота над ур. моря 700—800 м.</p> <p>Почва маломощная бурая лесная, суглинистая на элювии гранита</p>	IV	$\frac{36-40}{20-21}$		<p>Редкий подрост кедра и пихты белокорой</p>	<p>D для пихты H для белокорой</p> <p>20 13, много сухостойных деревьев кедр, местами буреломных. Данный тип леса имеет, кроме эксплуатации, защитного, и водорегулирующее значение</p>
<p>2. Сводные кедровники на маломощных почвах.</p> <p>Лесинный с липой 2 яруса. 1 ярус (7-9) К, (3-1) Лп, Илг, ед. Д, Е; 2 ярус Км, Клж, П, Ил. Подлесок средней густоты и густой, неравномерный, преобладает лещина маньчжурская высотой 2-3 м, реже — чубушник Шренка, жимолости золотистая и Рупрехта, шиповник иглистый, дейция, барбарис амурский высотой 1-1,5 м; из лиан — актинидия коломикта, лимонник, виноград.</p>	<p>Верхние части склонов гор крутизной 15—20°; высота над ур. моря 400—550 м. Почва бурая лесная на пылевато-глинистых отложениях, подстилаемых гранитом.</p> <p>Напочвенный покров травянистый, редкий и средней густоты, высота растений верхнего подъяруса до 60 см, нижнего — до 15 см. В верхнем подъярусе щитовники амурский и мужской, колючедвижник женский</p>	$\frac{160-200}{III}$	$\frac{35-40}{24}$	<p>200 <math>\frac{300-370}{}</math></p>	<p>4700 шт. хвойных (из них подрост кедр в возрасте 5 лет и более 1500 шт., 5300 лиственных (преобладает самоосе в возрасте до 5 лет Лп и Клм). После повторных пожаров и</p>	<p>D для пихты H для белокорой и</p> <p>13-19 Клм <math>\frac{13}{}</math></p>

Продолжение табл. 1

Типы кедровников, ярусность и состав	Условия местообитания	Таксационные показатели для кедров			Возобновление на 1 га	Примечание
		возраст, лет бонитет	$\frac{D}{H}$ $\frac{см}{м}$	число стволов шт./га запас $M^3/га$		
Желто-березовый с кустарниками 2 яруса. 1 яр с 7К 3Бж + ед. Лп, Яс см; 11 ярус Кжм, Клз, Илг. П. Подлесок средней густоты Клж, лейции, элеутерококка, лещины маньчжурской, калины буреинской, чубушника тонколистного, едично—бересклета маловеткового барбариса Из лян — актинидия коломыкита.	400—600 м над ур. моря. Почва бурая лесная на пылевато-глинистых отложенных мощностью 50 см, ниже — глина со щебнем гранита. Местами гранит выходит на дневную поверхность в виде больших камней. Нижневенный покров травянистый, средней густоты, высота верхнего подъяруса 60 см; нижнего — 15 см.	150—240 III	38 25	2000 300—420	сплошных концентрированных рубок замещается кустарниками дубово-львово-липовыми зарослями на первом этапе и лещиными дубяками в дальнейшем	К достиг. вероятно, предельного возраста, начинает сушевершинить
3. Периодически недостаточного увлажнения кедровники Осоко-рододендроновый 1 ярус. 10К, едД, Клм, П, Е (высотой в 2 раза ниже К). Подлесок	Вершины, крутые верхние части склонов гор, скалистые выступы; высота над ур. моря 500—700 м. С резким изменением крутизны склона резко выражена граница со	150—180 IV	36 22		В подрос-те единично Д, Клм, Лп редкие всходы К; Лп, Е.	

Продолжение табл. 1

Типы кедровников, ярусность и состав	Условия местообитания	Таксационные показатели для ксара			Возобновление на 1 га	Примечание
		возраст, лет бонитет	$\frac{D}{H}$ м	число стволов шт./га запас м <sup>3</sup> /га		
редкий неравномерный с преобладанием рододедрона лаурского высотой 1—1,5 м.	смежными типами леса. Почва бурая горнолесная, маломощная на граните. Напочвенный покров травянистый редкий и средней густоты, высота 10—30 см. Преобладает осока ( <i>Carex callitrichos</i> V. Kretz).				П. После сплошных рубок замещается рододедронным дубняком.	и группыми усыхать. Данный тип имеет большое водорегулирующее и почвозащитное значение.
Лещинно-леспедецевый. 2 яруса. I ярус 10к, ед Лп; II ярус (незначительное количество) Д, Е, П, клены. Подлесок редкий и средней густоты, неравномерный, высотой 1,2 м. Преобладают лещина маньчжурская и леспедеца двуцветная.	Южные крутые склоны гор на высоте 400—600 м над ур. моря. Почва маломощная бурая лесная, несколько более обогащенная, чем почва предыдущего типа леса. Напочвенный покров травяной редкий из осок ржаво-пятнистой <i>Carex siderosticta</i> Hance и уссурийской.	200 III	$\frac{-40}{24}$		Самосев кедра (до 5 лет) 360 шт. Е—1000 шт. единично П. Подрост лещиновых (5 лет и более) единично Имеет промышленное и почвозащитное значение;	Занимает промежуточные позиции между осокородо-дендроновыми и клещиноволещинными кедровниками.

\* Пологие склоны имеют крутизну не менее 5°; слабопокатые — 5—10°; покатые — 10—15°; сильнопокатые — 15—20°; крутые — 20—45°.  
 \*\* По данным шести пробных площадей.  
 \*\*\* По данным четырех пробных площадей, заложенных научными сотрудниками лесного отряда Амурской комплексной экспедиции и Хэйлуньцзянской комплексной экспедиции.

Условные обозначения: К — кедр корейский; Лп — липа амурская; Клм — клен мелколистный; Клз — клен зеленокорый; Клж — клен желтый; Бж — береза желтая; Бар — береза Эрмана; П — пихта белокорая; Ос — осина (*Populus Davidiana* Dode); Е — ель аянская; Илг — ильм горный Илд — ильм долинный (*Ilmus proprinca* Koidz); Д — дуб монгольский; Яс — ясень маньчжурский.

ницы; более высокий бонитет кедровых лесов, растущих на южных склонах гор; слабая выраженность долинных кедровников, которые замещены здесь елово-пихтовыми лесами; меньшее обилие древесных лиан.

Несмотря на обильное обсеменение площади под пологом чистых густых кедровников подрост кедров встречается в незначительном количестве. При увеличении в составе насаждений доли лиственных пород и при снижении полноты древостоя, количество хвойных пород в возобновлении (в том числе и кедров) увеличивается.

На лесосеках выборочных рубок, где оставался равномерно изреженный полог лиственных пород, негустой подлесок и редкая травянистая растительность, возобновительный процесс при наличии источников семян кедров протекает удовлетворительно. Эти условия создаются при изреживании полога древостоя до 0,3—0,4 против начальной полноты 0,7 и выше.

Обследование возобновления в 1957 г. на лесосеке выборочной рубки, расположенной на юго-западном склоне близ вершины горы в кедрово-еловом насаждении в лесхозе Умахэ, показало следующие результаты.

На лесосеке, вырубленной в два приема (в 1950 и в 1953 гг.) остались деревья кедров диаметром от 8 до 32 см на высоте груди, липы амурской от 8 до 24 см, ясени маньчжурского от 8 до 16 см, пихты белокорой от 8 до 24 см; общая сомкнутость 0,3.

В молодянке на 1 га оказались: кедров в возрасте 6 лет и более — 1000 экземпляров, пихты — 700 и ели аянской — 300; березы плосколистной высотой до 125 см — 5000 экземпляров, ясени маньчжурского — 1300, осины — 600, клена мелколистного и ильма — 200, что можно признать достаточным.

Лесосеки 20-летней давности после условно-сплошных рубок в районе Ичунь, не поврежденные огнем, удовлетворительно возобновились лиственными породами со значительной примесью хвойных, в том числе и кедров.

На лесосеках годичной давности после сплошных рубок кедров возобновляется неудовлетворительно. Предварительное возобновление хвойных пород почти целиком уничтожается при лесозаготовках с тракторной трелевкой. Частично сохранившийся подрост кедров, ели и пихты гибнет вследствие полученных при эксплуатации повреждений. Лесосека такой рубки в лесхозе Умахэ (квартал 4); по данным обследования 1957 г. возобновилась лиственными породами. На 1 га оказались: березы плосколистной — 6200 экземпляров, ясени маньчжурского — 500, клена мелколистного и липы амурской — 330 и кедровых всходов 160.

На лесосеке сплошной рубки 1955 г. шириной в 500 м в лесничестве кедровнике района Лянсуйго, по данным учета 1956 г., в возобновлении различных пород оказалось 31900 шт., в том числе хвойных 350 шт.

При таком участии хвойных пород в возобновлении лесосеки после сплошных рубок длительное время останутся под лиственными породами.

При правильной организации технологического процесса разработки лесосеки (трелевка только по волокам, валка деревьев под углом до 30°\* и другие) на сплошных вырубках в кедровниках, по данным ДальНИИЛХА, можно сохранить до 50—60% бывшего под пологом леса самосева и подроста, что достаточно для образования сомкнутого молодняка.

В случае отсутствия или небольшого количества самосева и подроста кедров на местах вырубков (менее 1000 экземпляров на 1 га высотой 0,5 м и более), рекомендуется оставлять на корню семенники различных пород (кедров, ясени, бархата и др.) группами по 10—15 экземпляров на 1 га, полосами шириной 25—30 м или куртинами овальной формы площадью 0,3—0,5 га. Чтобы обеспечить наибольшую сохранность подроста при лесозаготовках, семенные куртины и полосы (площадью 10—15% от вырубаемой) выбираются в натуре после составления леспромхозами технологических карт. Заготовка кедровых орехов на лесосеках, отведенных в рубку, в семенных куртинах и полосах должна быть запрещена.

Для того чтобы обеспечить естественное восстановление коренного типа леса, необходимо следующее: рубки и особенно механизированную трелевку леса производить по строго определенной технологии, направленной на максимальное сохранение предварительного возобновления главных пород (в первую очередь кедров и ели); очистку лесосек производить дифференцированно, в зависимости от конкретных условий; в случае огневой очистки сжигать порубочные остатки только в кучах, расположенных преимущественно на волоках, способом питания огня; оставлять семенные куртины, а по гребням водоразделов — семенные полосы шириной до 100 м.

В тех случаях, когда активные меры содействия естественному возобновлению не могут дать должного эффекта (например, когда в сплошную рубку будут поступать высокополнотные чистые кедровники) следует производить культуры кедров.

\* Валка хлыстов под углом 15—30° к волоку позволяет вытаскивать их на волок при наименьшем угле разворота, что содействует большей сохранности молодняка на вырубке.



Природе кедрово-широколиственных лесов лучше всего отвечают постепенные семенно-лесосечные или добровольно-выборочные рубки. Поэтому их следует проводить всегда, когда позволяют экономические условия.

Сплошные рубки в кедровниках могут допускаться на лесосеках шириной до 200—300 м.

В районе Малого Хингана в составе лесного фонда имеется большое количество непокрытых лесом площадей (редины, гари, прогалины и т. д.), большинство которых появилось в результате хищнических рубок и пожаров, распространенных до освобождения страны.

Обычные способы содействия естественному возобновлению кедра (рыхление, огневая очистка лесосек) на сплошных вырубках не достигают цели. Для восстановления кедровников на местах вырубок и вырубок-гарей, заросших малоценными лиственными породами и кустарниками, рекомендуются посадки семян кедра корейского. Способы выращивания посадочного материала из семян кедра, культуры кедра под пологом леса и на открытых местах успешно разработаны китайскими лесоводами и уже внедряются в производство.

Конкретные способы восстановления хвойных и хвойно-лиственных лесов на таких площадях в условиях Малого Хингана нуждаются в дополнительном изучении.

Пока можно рекомендовать для выращивания следующие древесные породы: в долинах рек и на плато с избыточно увлажненными почвами — лиственницу даурскую, тополь, ясень маньчжурский, ольху волосистую; в долинах рек с богатыми дренированными почвами — ясень маньчжурский, орех маньчжурский, бархат амурский, ильм долинный, кедр корейский, ель сибирскую, пихту белокорую, липу маньчжурскую, лиственницу даурскую, клен мелколистный; на пологих склонах с богатыми, главным образом, бурыми лесными влажными почвами — кедр корейский, ель сибирскую, пихту белокорую, ясень маньчжурский, бархат амурский, орех маньчжурский, березу плосколистную, березу желтую, липу маньчжурскую, клен мелколистный; на теневых склонах средней крутизны со свежими бурыми лесными почвами — кедр корейский, ель аянскую, пихту белокорую, ясень маньчжурский, липу амурскую, березу желтую, березу белую, клен мелколистный; на крутых склонах той же экспозиции с более мелкими скелетными почвами — кедр корейский, ель аянскую, пихту белокорую, липу амурскую; на высотах 600 м над ур. моря и выше — в основном ель аянскую и пихту белокорую; на склонах средней и большой крутизны южной экспозиции — кедр корейский, дуб монгольский, клен мелколистный. В этих же условиях необходимо поставить опыт выращивания сосны обыкновенной и сосны могильной.

Поступила в редакцию  
9 июля 1959 г.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## О КНИГЕ «ЧТО И КАК НАБЛЮДАТЬ В ПРИРОДЕ»

В названной книге автор на основании своего многолетнего опыта рассказывает в научно-популярной форме о значении фенологических наблюдений и о том, что и как наблюдать в природе.

По мере развития наших знаний о живой природе, данные фенологических наблюдений приобретают все большее научное и практическое значение; в таких же областях науки, как акклиматизация растений, селекция и др., фенологические наблюдения являются совершенно необходимыми и незаменимыми.

Роль фенологических наблюдений еще более повысится, если они будут связаны с наблюдениями за погодными факторами, без учета которых трудно, а иногда и невозможно составить правильное представление о наблюдаемых явлениях. Такую необходимость признает и сам автор, говоря о программе фенологических наблюдений над грибами о «желательности указывать состояние погоды перед появлением грибов и во время их роста». Если наблюдения за состоянием погоды желательны в отношении грибов, то они тем более необходимы для сельскохозяйственных и других культур.

Конечно, нельзя ожидать, что все фенологи-любители смогут и станут отмечать количество выпадающих осадков, температуру воздуха и т. п.; тем не менее, для очень многих наблюдателей из числа категорий, перечисляемых автором в предисловии, учет погодных факторов (при соответствующих методических указаниях) вполне доступен и дает возможность не только наблюдать, но в какой то мере и объяснять встречающиеся в природе явления.

Автором книги очень обстоятельно описаны фазы развития древесных и кустарниковых пород, что весьма облегчает правильную и своевременную их регистрацию. К сожалению, такое полное описание фаз не распространено на другие растения, в отношении же животного мира отсутствует вовсе.

К достоинствам книги нужно отнести наличие в ней хорошо исполненных

иллюстраций, а также цветных рисунков грибов, облегчающих их распознавание.

То обстоятельство, что названной книги давно уже нет в продаже, указывает не только на большой интерес, проявленный к ней широким кругом читателей, но и на необходимость повторного ее издания, при котором желательно внести некоторые дополнения и уточнения, а именно:

перечень растений для наблюдений лучше изложить в алфавитном порядке по их названиям, а не в порядке зацветания. При этом вряд ли целесообразно выделять курсивом объекты входящие в программу-минимум и рекомендовать наблюдателю включать в его программу наблюдений прежде всего эти объекты. Такая рекомендация может отвлечь внимание от других объектов, которые в данных конкретных условиях могут представлять особый интерес, как например, орех грецкий, кстати сказать, вовсе не вошедший в список деревьев и кустарников.

В отношении дуба обыкновенного очень существенно вести наблюдения за отдельными его фенологическими формами. Такие же наблюдения целесообразны и для некоторых других пород (ясень, осина).

Растения плодового сада целесообразно выделить в особый раздел, так как наблюдения в данном случае должны относиться не вообще к виду, а к определенным сортам, различно реагирующим на те или иные факторы внешней среды.

В фенологический спектр (рис. 2) желательно включить начало и конец созревания плодов и семян, что имеет большое значение для планирования их заготовки; к табл. 1 следует дать разъяснение, что означают рассеянные по карте цифры.

Правильность и точность первичных записей имеет большое значение, поэтому необходимо приложить образцы таких записей (в записной книжке наблюдателя и в его дневнике), а также дать в заполненном виде форму бланка и на стр. 28 рецензируемой книги.

\* А. П. Шиманюк. Что и как наблюдать в природе. Изд. АН СССР; 1957.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. В. Давидов. Исследования хода роста белоакациевых насаждений южных районов УССР . . . . .	3
В. К. Захаров. Новое в методике определения объема коры древесных стволов . . . . .	10
Ш и Ц з я - ш э н ь. Значение способа подготовки почвы при культурах крымской сосны в горных условиях Южного берега Крыма . . . . .	15
И. В. Трещевский. Определение экономической эффективности полезащитных лесных полос . . . . .	20
В. М. Глазырин. Формирование и развитие сложных колков в пределах северной части Тургайского плато . . . . .	24
Я. А. Сабан. Влияние трелевки на сохранность самосева и подроста бука при сплошных рубках в Закарпатье . . . . .	30
Д. П. Викторов, П. И. Быстрянецов. Повышение засухоустойчивости сеянцев березы и вяза под влиянием фосфорных удобрений . . . . .	35
В. М. Березина. Влияние на рост сосны химического метода борьбы с жуками майского хруща . . . . .	41
В. М. Любченко. О набухании семян липы мелколистной . . . . .	44

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов. О влиянии смежных шпал на осадку пути . . . . .	49
В. Г. Нестеренко. Опытная конструкция приемников для бревен у сортировочных транспортеров . . . . .	56
А. А. Федоров. Совершенствование подвозки леса гусеничными машинами . . . . .	63
Г. Ф. Грехов. К вопросу сохранения древесины в дорожных покрытиях автомобильных дорог . . . . .	70
Л. Г. Федяев. Основные факторы, влияющие на валку деревьев . . . . .	78
В. Т. Суриков. Электрическое измерение крутящих моментов на полуоси автомобиля без токосъемника и усилителя . . . . .	85

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Санев. Влияние нагрева масла в гидросистемах на устойчивость движения транспортных органов деревообрабатывающих станков . . . . .	89
А. Е. Феоктистов. Устойчивость пильной ленты под воздействием на нее усилия подачи . . . . .	95
А. П. Берсенева, Ю. Д. Колпаков. Определение влажности древесины методом измерения ее диэлектрической проницаемости . . . . .	107
В. Н. Петри, П. И. Ананьин. Оценка прочности древесины после тепловой сушки . . . . .	116
А. А. Поздняков. Усталость древесины под различными углами к направлению волокон . . . . .	120
П. Н. Львов. О качестве древесины ели в древостоях, формирующихся из молодняка, сохраненного при лесозаготовках . . . . .	128

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Д. С. Добровольский. Влияние свойств среды на размок волокон и качество бумаги и картона . . . . .	134
--	-----

Л. В. Голиков, В. Н. Козлов. О процессе экстракции смолистых веществ из щелы пневого осмола . . . . .	141
В. В. Красников. О влиянии помола целлюлозы на равновесное влаго-содержание . . . . .	147
Э. М. Цацка, Л. С. Генендер. Опыты по сухой перегонке болотного пня . . . . .	152

*КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ*

Н. А. Коновалов. Уральская пирамидальная осина . . . . .	156
П. М. Трофимов. О первом лесопильном паровом заводе Севера . . . . .	158
Н. Х. Осмола. Скупия в естественных зарослях в западных областях УССР . . . . .	159
Е. Н. Иерусалимов. Желтая пузырчатая ржавчина — хроническое заболевание сосняков Амурской области . . . . .	161

*НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ*

А. Р. Родин. Межвузовская конференция по вопросам механизации трудоемких работ в лесной промышленности . . . . .	163
--	-----

*ЗА РУБЕЖОМ*

В. Я. Колданов, К. П. Соловьев. Кедровые леса уезда Ичунь Китайской народной республики . . . . .	166
---	-----

*КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ*

Ф. И. Волков. «Что и как наблюдать в природе» . . . . .	174
---	-----

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3.  
(Год издания третий)

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

в „Лесном журнале“ № 1 за 1960 г.

Страница	Строка	Напечатано	Следует
85	10 сверху	$\operatorname{ctg}\psi + \operatorname{tg}[\psi - (90 - \alpha)] + 1,5 \ln \frac{h_0}{h}$	$\operatorname{ctg}\psi + \operatorname{tg}[\psi - (90 - \alpha)] = 1,5 \ln \frac{h_0}{h}$
86	15 сверху	$Aw_\varphi = \frac{E v_\varphi}{h l v} \frac{P_1 \cos \varphi \sin \psi}{h l \cos \gamma \cos(\psi + \alpha - 90)}$	$Aw_\varphi = \frac{E v \psi}{h l v} = \frac{P_1 \sin \varphi \sin \psi}{h l \cos \gamma \cos(\psi + \alpha - 90)}$
„	16 сверху	Сумма удельных работ сдвига и трения равна...	Сумма удельных работ сдвига и трения при сдвиге равна...
87	13 сверху	числитель формулы	
163	Табл. 1 9-я графа	$e^{0,666[\operatorname{ctg}\psi + \operatorname{tg}(\psi + \alpha - 90)]} - 1$ По запасу, %	$e^{0,666n[\operatorname{ctg}\psi + \operatorname{tg}(\psi + \alpha - 90)]} - 1$ По запасу, м <sup>3</sup>

В „Лесном журнале“ № 3 за 1960 г.

15	7 сверху	Ши Цзя-шень	Ши Цзя-шэнь
25	28 снизу	чем травы, они	чем травы, кустарники
29	26 сверху	учитываются	уничтожаются
64	3 сверху	по ходовой системе (N <sub>х.с</sub> ), причем	по к. п. д. ходовой системы (η <sub>х.с</sub> ), причем
90	1 снизу	0,7 м и 3 об/мин.	0,7 и 3 об/мин.
91	10 снизу	от вращательный	от вращающихся
111	14 сверху	с точностью 0,5 мм	с точностью 0,05 мм
117	18 сверху	коэффициента для различных	коэффициента α для различных
126	8 сверху	при статистическом нагружении	при статическом нагружении
127	11 снизу	при складывании	при скальвании
143	Табл. 3 2-я графа	Количество 0,1 л	Количество 0,1 н.
167	7 сверху	Средние высоты 30—335 см.	Средние высоты 30—33,5 см,
170	3 сверху 1-я графа Табл.	Яс см;	Ясм;

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, как правило, не должны превышать 12 страниц машинописного текста. Некоторые, наиболее ценные статьи, могут быть опубликованы по решению редакционной коллегии и при большем объеме — до 24 страниц. Статьи библиографического характера не должны быть более 6 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 сверху, а строчные — 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*, *z* и *z*.

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть подчеркнуты красным карандашом; латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом 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.

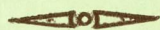
Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБИШЕВА



Цена 10 руб.

**Принимается подписка  
на журнал на 1960 год**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Раздел**

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 60 рублей. Цена отдельного номера — 10 рублей.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплект журналов за 1958 г. и отдельные номера за 1958 и 1959 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная им. Сталина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».