

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ТРЕТИЙ

2

1960

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Доц. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), председатель Архангельского совнархоза И. Е. Воронов, проф. А. Э. 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 им. Сталина, 17.  
Лесотехнический институт, тел. 3-63-27.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

**О ВЛИЯНИИ УХОДОВ НА РОСТ КУЛЬТУР  
ХВОЙНЫХ ПОРОД НА ВЫРУБКАХ  
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****А. В. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

На вырубках в Ленинградской области проводятся большие работы по искусственному возобновлению хвойных пород. Нами были изучены опытные культуры в возрасте от шести до одиннадцати лет, за которыми в одном случае производился уход, в другом — культуры оставались без уходов. Результаты по каждой культуре излагаются ниже.

В квартале 59 Лисинского учебно-опытного лесхоза изучались культуры лиственницы сибирской, заложенные на вырубленном в 1947 г. участке ельника кисличниково-папоротникового. Рельеф вырубки равнинный, местоположение приподнятое, почва слабоподзолистая, суглинистая, свежая.

При закладке культуры видовой состав напочвенного покрова вырубки был представлен кислицей, папоротником, хвощом, злаками и зелеными мхами; теперь эта площадь сильно задернела вейником, луговиком и осоками. Местами по повышениям встречаются куртины разнотравья. Имеется единичный подрост ели, березы, редко осины. Подлесок — рябина и ива.

Вырубка была очищена сжиганием порубочных остатков. Почва под культуру готовилась весной 1948 г. площадками размером  $2 \times 1$  м. На 1 га делалось 200 площадок, размещенных в 4 ряда. Расстояние между рядами площадок — 10 м, между площадками в ряду — 5 м. Почва рыхлилась мотыгой и граблями без выворачивания на поверхность минерального слоя. От стен леса участок отстоит не менее 50 м в каждую сторону.

Посев семян производился в четырех вариантах густоты: в первый ряд площадок высевалось по 1000 семян в каждую, во второй — по 500, в третий — по 100 и в четвертый — по 30 семян. Семена II класса сортности высевались вразброс, равномерно по всей площадке.

В первый год было проведено два ухода за культурой: первый — в июле, второй — в конце августа. На площадках через одну в ряду выпалывались сорняки и рыхлилась почва. В последующие годы уходов за культурой не было. В табл. 1 приводятся результаты исследования, проведенного в 1958 г. (в 10-летнем возрасте культур).

Корневая система лиственниц сильно развита и в горизонтальном направлении имеет длину от 20 до 290 см, проникая в глубину на

Таблица 1

Число высеянных на площадку семян	Пустых пло- щадок в %	Высота деревьев в см			Приросты по высоте в см по годам					
		сред- няя	макси- мальная	мини- мальная	1955		1956		1957	
					наиболь- ший	средний	наиболь- ший	средний	наиболь- ший	средний

## Площадки, где производился уход

1000	28	158	316	60	40	23,4	42	21,7	44	22,5
500	24	194	302	50	36,5	25,3	25	15,3	34	27,6
100	32	148	236	60	30	18,3	22	13,5	29	20,9
30	60	164	370	74	40	28,6	72	24,5	50	25,8

## Площадки, где не производился уход

1000	36	169	320	36	38	22,4	42	21,3	40	20,6
500	36	171	315	60	28	24,3	40	20,5	27	22,7
100	52	144	340	57	16	10	13	9,8	25	19,2
30	92	125	141	100	21	20,1	19	18,2	20	19,0

17—18 см. Почти у каждой лиственницы два-три длинных корня располагаются в верхнем гумусовом слое почвы и выходят далеко за пределы площадки. Сростаний корней не обнаружено.

О влиянии уходов на рост и состояние лиственниц в данных условиях можно сказать следующее:

1) На площади, подвергшейся уходу, заселенность площадок лиственницами выше.

2) На этой же площади несколько лучше прирост по высоте за последние три года, но какой-либо закономерности в улучшении прироста не наблюдается.

3) Общее состояние лиственниц, независимо от ухода, примерно одинаковое.

4) В будущем, при сохранении к возрасту спелости по каждой площадке одного-двух деревьев, лиственница займет ведущее место в насаждениях.

В квартале 60 этого же лесхоза изучалась культура ели обыкновенной. Природные условия вырубki те же, что и в квартале 59. Ель была посеяна семенами II класса сортности одновременно с культурой лиственницы и по той же методике. В табл. 2 приводятся результаты исследования культуры, произведенного в 1958 г. (в 10-летнем возрасте).

Корневые системы елей расположены в верхнем гумусовом горизонте и хорошо развиты. Культура ели все еще страдает от заморозков — около 10% елочек в биогруппах имеют поврежденные верхушечные побеги. Влияние уходов за почвой, проведенных в 1958 г., на рост и состояние ели установить трудно, но все же оно скорее положительно, чем отрицательно.

В квартале 84 Лисинского учебно-опытного лесхоза изучались культуры 1953 г.: сосны и ели (посев) и сосны (посадка). Культуры занимают два участка, отделенные друг от друга лентой леса шириной 100 м. Участок первый — вырубка 1947 г. площадью 2 га. Рельеф ровный со слабым уклоном к югу. Почва среднеподзолистая, глееватая, среднесуглинистая, на моренном суглинке. Тип вырубki кипрейно-вейниковый. Задернение сильное. Травяной покров — вейник наземный, вейник лесной, иван-чай, ангелика лесная, луговик дернистый, луговик извилистый, собачичник весенний, звездчатка дубравная, майник двулистный,

Таблица 2

Число высеянных на площадку семян	Пустых площадок в %	Высота деревьев в см			Приросты по высоте в см по годам					
		средняя	минимальная	максимальная	1955		1956		1957	
					наибольший	средней	наибольший	средний	наибольший	средний

## Площадки, где производился уход

1000	21	69	110	20	15	13,6	16	14	18	9
500	21	69	130	34	20	12,0	16	9	10	7,6
100	19	70	130	20	10	8,5	9	6,6	7	4,7
30	35	52	125	20	12	2,5	8	5,6	7	3,6

## Площадки, где не производился уход

1000	33	58	105	11	16	12,3	11	7	9	6,6
500	11	82	139	23	17	11,3	16	13	9	8,3
100	20	59	160	26	10	10	8	5,3	6	3
30	39	45	80	16	6	3	5	4	5	4,3

кислица, полевика белая, осоки. Из мхов редко — ритидиладельфус. Естественное возобновление представлено березой — около 8 тыс. и елью — около 200 шт. на 1 га. Участок второй — вырубка 1949 г. площадью 3,98 га. Почва торфянисто-слабоподзолистая, глееватая, средне-суглинистая, на моренном суглинке, подстилаемая карбонатным суглинком. Тип вырубки луговиково-вейниковый. Травяной покров — вейник лесной, вейник наземный, луговик дернистый, луговик извилистый, ангелика лесная, брусника, черника, земляника, звездчатка дубравная и др. Почва на обоих участках обрабатывалась в сентябре 1952 г. навесным плугом на тяге трактора КТ-12. Пласты нарезаны через 3—5 м. На первом участке был произведен посев семян сосны и ели и посадка двухлетних сеянцев сосны, на втором — посев семян сосны и ели. Семена I класса сортности высевались по пластам под грабли по 60—100 шт. в посевное место через 1 м в ряду. Сеянцы сосны высаживались под мей Колесова по три штуки (раздельно) в посадочное место. В 1953 г. за культурой проведен один уход — ополка травы и рыхление почвы вокруг всходов и сеянцев. В 1957 г. на первом участке вдоль пластов прорубались коридоры шириной 1,5—2 м.

Состояние культуры ели и сосны можно видеть по результатам исследования их в 1958 г., приведенным в табл. 3.

Таблица 3

№ пробы	Площадь в га	Порода	Метод культуры	Количество мест на пробе	Пустых мест в %	Число деревьев на пробе			Средняя высота в см	Прирост в см по годам			Число деревьев на 1 га
						здоровых	больных	усохших		1955	1956	1957	
1	0,09	Е	Посев	138	8,7	369	7	—	23,5	5,8	4,6	6,8	4100
2	0,09	Е	С	90	12,2	258	—	—	23,6	6,2	4,2	5,9	2867
		С	С	84	46,4	102	1	—	21,5	3,5	6,0	8,1	1022
3	0,31	С	С	243	51,0	207	24	12	25,1	8,2	7,3	6,3	2300
		С	С	149	28,2	257	2	—	21,0	4,9	3,6	7,2	2856
4	0,5	Е	С	140	30,7	171	19	62	25,4	9,6	4,2	4,9	1900
		Е	С	125	0,8	365	—	—	23,2	6,1	5,8	5,7	4055
		С	Посадка	323	47,0	90	80	1	26,7	4,0	2,8	4,0	1000

Примечания: 1) В каждом гнезде учитывалось по три лучших дерева. 2) Пробные площади № 1, 2 и 3 заложены на участке № 2, а пробная площадь № 4 — на участке № 1.

Культуры ели на обоих участках, несмотря на отсутствие уходов и задернение почвы, чувствуют себя вполне удовлетворительно. Хорошо развитый стержневой корень ветвится в гумусовом горизонте, лежащем под пластом. Расположенные ниже корневой шейки 3—4 мелких корня распространяются в верхней дернине на глубине около двух сантиметров. На краю биогрупп у некоторых елочек развивается один вертикальный корень, а другой — почти горизонтальный, идущий вдоль пласта. Иногда же два корня идут вглубь под углом 30—60°. Глубина проникновения корней колеблется от 12 до 26 см.

Средний процент пустых мест в культуре ели на участке № 2 (тип условий местопроизрастания черничник) равен 16,3, а на участке № 1 (тип условий местопроизрастания кисличник) — 0,8. Увеличение отпада на участке № 2 можно объяснить повышенной влажностью почвы, что привело к большему выжиманию и вымоканию.

Влияние ухода за культурой на участке № 1, где в 1957 г. прорубались коридоры вдоль пластов, пока не заметно.

Культуры сосны, особенно посадки, на обоих участках находятся в очень плохом состоянии. Из-за буйно развившейся травянистой растительности сосенки имеют очень тонкие и извилистые стволы и часто не могут сохранять вертикального положения. На вершинах таких сосенок имеется по 5—10 хвоинок, из которых зеленых только 2—3 шт.

Если культуры ели в данных условиях без освещения чувствуют себя вполне удовлетворительно, то культуры сосны нуждаются в регулярных уходах, хотя бы в виде отапывания или выкашивания травы.

Несмотря на плохой рост посевной сосны в высоту и по диаметру, корневая система ее развита сравнительно хорошо и проникает вглубь до 26—27 см. В культурах же сосны, созданных посадкой, корневая система развита слабее и распространяется на глубину до 22 см. Подготовка почвы нарезкой пластов значительно улучшает условия развития корней, что видно из разрезов поперек пласта.

В квартале 73 Лисинского лесхоза изучались культуры ели обыкновенной, заложённые на старой вырубке в мае 1953 г. на площади 2,8 га.

Природные условия вырубки таковы: рельеф ровный, со слабым уклоном к юго-востоку. Почва торфяно-подзолистая, глееватая, тяжело-суглинистая, на ленточных глинах. Тип вырубки — осоково-таволговый. Травяной покров — вейник ланцетолистный, таволга вязолистная, осот разнолистный, осоки, кипрей болотный, калужница болотная, гравилат речной, ситники. Задернение среднее. Встречаются мхи климациум, кукушкин лен, куртинами сфагнум. Тип условий местопроизрастания — травяно-болотный. Подрост ели высотой 0,5—4 м в количестве 200 шт. на 1 га располагается куртинами, размещенными равномерно по вырубке. На всей площади растут береза (высотой 1—5 м) — до 10 тыс. шт. на 1 га и осина — до 4 тыс. шт. на 1 га. Кустарники — смородина альпийская и черная. Почва под культуру подготовлена в августе 1952 г. нарезкой пластов навесным плугом. Расстояние между пластами 5—10 м. Семена I класса сортности высевались по 30—60 шт. по пластам в строчки длиной 30 см через 1 м в ряду и заделывались железными граблями.

Уходы за культурой были следующие: 1) в 1953 г. — однократное рыхление почвы вокруг посевных мест и ополка; 2) в 1956 г. — вырубка мотыгами травы вокруг биогрупп; 3) в 1957 г. — окашивание.

Эти культуры были исследованы нами в 1958 г. На пробе 0,04 га оказалось 111 посевных мест, причем пустых не обнаружено. В каждом гнезде учивалось по три лучших дерева. На пробной площади насчитано 330 здоровых елочек и 34 больных (к больным отнесены экзем-

пляры, поврежденные при окашивании; они могут оправиться за счет роста боковых ветвей). Усохших елей не найдено. Средняя высота культур — 33,1 см. Прирост по высоте по годам равен: в 1955 г. — 8 см; в 1956 г. — 8,2 см; в 1957 г. — 9,5 см. Количество деревьев на 1 га составило 8250 шт.

Корневые системы елей развиты сравнительно слабо. Чаще всего имеется один вертикальный корень длиной 17—18 см, от которого на глубине 5—6 см отходят 3—4 боковых мелких корня длиной 6—8 см.

По отдельным опытным культурам (созданным посевом семян на постоянную лесокультурную площадь при описанной агротехнике) можно сделать следующие общие выводы:

1) По культуре лиственницы сибирской: на вырубках в кисличниках вполне возможны посевы лиственницы при условии ухода за почвой, что обеспечивает лучшую заселенность площадок.

2) По культуре ели: на вырубках с богатыми почвами надежным методом культур ели является посев семян в микроповышения — пласты, площадки и пр. Корневые системы на пластах более глубокие. При описанной агротехнике закладки культур уход существенного влияния на рост и состояние елей не оказывает. Под защитой высокостебельных трав замечается лучшее сохранение елочек от повреждения заморозками.

3) По культуре сосны: на вырубках с богатыми почвами надежным методом культур сосны является посев семян на постоянную площадь. В таких условиях и при описанной агротехнике закладки культур за сосной необходимы систематические уходы в виде осветления (ополка трав, обжигание, окашивание). Без них культуры сосны в кисличниках и черничниках малоэффективны.

4) По обработке почвы под культуры хвойных на богатых почвах вырубок с достаточным и избыточным увлажнением: кроме своих общих агротехнических целей, обработка почвы в таких условиях имеет ряд специфических особенностей. Нарезание плужных гребней уже на второй год увеличивает биологически активный слой почвы, посевные места располагаются на микроповышениях, минерализованная полоса, кроме препятствия распространению травянистой растительности, способствует естественному возобновлению хвойных и лиственных пород. Дополнений культур, если имеются поблизости обсеменители, при такой подготовке почвы не потребуется. Кроме того, умелое проведение борозд может способствовать улучшению дренажа, улучшению растительных условий отводом излишней воды. Корневые системы культивируемых хвойных пород развиваются в лежащем под пластом слое гумуса и органических остатков на глубине 18—20—25 см. Боковые же поверхностные корни идут на глубине 2—3 см сразу под дерниной и уже во второй или третий год выходят за пределы площади рыхления, за пределы пласта.

## ЛИСТОВАЯ МАССА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПЯТНАДЦАТИЛЕТНЕМ НАСАЖДЕНИИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

*М. Д. ДАНИЛОВ*

Профессор, доктор биологических наук

*В. С. СТЕПАНОВ*

(Поволжский лесотехнический институт)

Как указывает член-корр. АН СССР Л. А. Иванов, прирост надземной древесины и корневой массы определяется интенсивностью фотосинтеза, общей рабочей поверхностью листы и продолжительностью ассимиляции.

Исходя из этого, мы поставили задачу получить некоторые данные о листовой массе и поверхности, а также выяснить эффективность работы листы у тополя бальзамического как быстрорастущей древесной породы.

С этой целью была заложена пробная площадь в пятнадцатилетнем тополевом насаждении, созданном посадкой черенков на дерново-подзолистой суглинистой почве в дендрологическом саду Поволжского лесотехнического института им. М. Горького (Марийская АССР) в 1939 г.

На пробной площади производился сплошной пересчет деревьев с подразделением их на категории по развитию и росту, согласно классификации, предложенной автором.

Деревья Ia категории (быстроразвивающиеся, но медленно растущие) характеризуются сильно сбежистым стволом, медленным отмиранием и опаданием сучьев. Средний диаметр ствола на высоте груди у деревьев этой категории — 6,3 см, средняя высота — 8,5 м.

Деревья I категории (быстроразвивающиеся и быстрорастущие) имеют наибольший диаметр ствола и высоту. Они вместе с деревьями II категории составляют верхний полог древостоя, отличаясь от последних более сбежистыми стволами и замедленным отмиранием сучьев. Средний диаметр ствола на высоте груди — 11,5 см, средняя высота — 12,2 м.

Деревья II категории (медленно развивающиеся, но быстрорастущие) входят в верхний полог древостоя. В отличие от деревьев I категории стволы у них тонкие, хорошо очищенные от сучьев, отмирание живых сучьев идет быстрее, кроны более компактны и диаметры значительно меньше. Средний диаметр на высоте груди — 9,5 см, средняя высота — 11,6 м.

Деревья III категории (медленно развивающиеся и медленно растущие) входят вместе с деревьями Ia категории во второй ярус, но имеют более тонкие и гладкие стволы со слабо развитой кроной. Средний диаметр ствола на высоте груди — 5,5 см, средняя высота — 8,9 м.

Деревья IV категории (сильно отставшие в росте и развитии) составляют нижний ярус древостоя.

По данным перечета в переводе на 1 га оказалось 15 400 деревьев.

Учет листовой массы произведен с 21 по 23 июля в 1952 г. и дополнительно в 1956 г., для чего было срублено 20 модельных деревьев, по 4 модели каждой категории. На каждом модельном дереве были оборваны все листья и разделены на световые, промежуточные и теневые. К световым относились хорошо освещенные листья, расположенные обычно в верхней части кроны. Они отличаются более толстой и жесткой пластинкой, а также ясно выраженной глянцевитой наружной поверхностью. К теневым относились листья нижней и внутренней частей кроны, расположенные в условиях наибольшего затенения; они отличаются тонкой и мягкой пластинкой и отсутствием глянцевитого блеска на верхней стороне. Промежуточными считались листья, расположенные по периферии средней части кроны. По своим признакам они занимают среднее положение между световыми и теневыми листьями.

Листья всех категорий (с одного модельного дерева) были взвешены сразу же после их сбора. Для определения сухой массы, размера и поверхности листьев отдельных категорий брались образцы по 20—25 шт. с хорошо облиственных побегов соответствующих секций кроны. У этих листьев определялся сырой вес, а затем, после высушивания, абс. сухой вес. Поверхность определялась планиметром до высушивания, после расправления их в гербарной сетке.

### Результаты исследования

Общая листовая масса и поверхность листьев отдельного дерева, а следовательно, и всего древостоя, зависит от размеров и количества листьев. Данные о размерах листьев (по абс. сухому весу) и о содержании влаги в них (в процентах к сырому весу) для деревьев отдельных категорий приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Абсолютно сухой вес листьев в г и содержание влаги в свежесобранных в %

Категории деревьев	Световые		Промежуточные		Теневые		Средние данные	
	вес	влажность	вес	влажность	вес	влажность	вес	влажность
Ia	0,17	67,1	0,12	71,5	0,10	70,5	0,13	69,5
I	0,24	67,6	0,13	68,6	0,12	69,6	0,16	68,9
II	0,31	68,9	0,14	70,4	0,11	70,1	0,18	69,8
III	0,22	66,5	0,12	72,0	0,11	71,5	0,15	70,1
IV	—	—	—	—	0,10	68,4	0,10	68,4
Среднее	0,24	67,5	0,13	70,8	0,11	70,0		

Из табл. 1 видно, что у деревьев всех категорий наиболее тяжелыми по весу оказываются листья верхушечной части кроны (световые). Наименьшим весом обладают листья нижней части кроны (теневые). Промежуточные листья несколько тяжелее теневых, но значительно легче световых. Наиболее крупные листья наблюдаются у деревьев II категории, затем в нисходящем порядке идут деревья I, III, Ia и IV категорий.

Наименьший средний процент влажности имеют деревья IV категории, затем в восходящем порядке идут деревья I, Ia, II и III категорий.

Содержание влаги в световых листьях меньше, чем в промежуточных и теневых. Это наблюдается у деревьев всех категорий и объясняется, по-видимому, совпадением срока определения влажности с периодом наиболее интенсивных транспирационных потерь.

Влажность листьев подвергается значительным колебаниям в зависимости от условий водоснабжения и интенсивности транспирации. В наших определениях у тополя бальзамического для всей листовой массы крон отдельных деревьев она колеблется в пределах от 66 до 73%, а средняя влажность всей листовой массы древостоя оказалась равной 69,6%.

Для подсчета поверхности всей листовой массы отдельных деревьев и в целом древостоя нами были определены коэффициенты поверхности в расчете на 1 г свежих и абс. сухих листьев отдельно у световых, промежуточных и теневых. Полученные данные приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Поверхность одной стороны 1 г листьев в см<sup>2</sup>

Категории деревьев	Световых		Промежуточных		Теневых		Средняя	
	свежих	сухих	свежих	сухих	свежих	сухих	свежих	сухих
Ia	29,0	117	44,7	150	49,7	172	41,1	146
I	36,8	112	43,7	143	45,0	146	41,8	134
II	35,7	110	43,2	147	55,0	185	44,6	148
III	41,4	125	46,8	162	44,8	182	44,3	156
IV	—	—	—	—	55,0	188	55,0	188
Среднее	35,7	116	44,6	150	49,9	174		

Данные табл. 2 показывают, что поверхность 1 г абс. сухих или свежих листьев во многом зависит от их световой структуры. Поверхность 1 г световых листьев почти в 1,5 раза меньше, чем у теневых. Промежуточные листья занимают примерно среднее положение.

Наряду с этим выявляется некоторое различие в величине коэффициента поверхности листьев в зависимости от возрастной стадийности. Например, у деревьев Ia категории коэффициенты поверхности ниже, чем у III категории, хотя они произрастают приблизительно в одинаковых условиях освещения; у деревьев I категории они ниже, чем у деревьев II категории.

Анализ листовой массы у деревьев отдельных категорий показал, что в пятнадцатилетнем насаждении тополя бальзамического наибольшую листовую массу и поверхность имеют деревья I категории, затем в убывающем порядке идут II, Ia, III и IV категории. Имеется связь листовой массы с размерами крон. Например, деревья I категории, обладающие наибольшей протяженностью и диаметром кроны, имеют и большую листовую массу, чем II категории; деревья Ia категории имеют большую листовую массу по сравнению с деревьями III категории, отличающейся менее развитой кроной. Однако эта связь колеблется в значительных пределах, так как здесь играет роль еще компактность кроны.

Для выявления связи между листовой массой и диаметром дерева модели срубались через каждый сантиметр ступени толщины. В табл. 3 приведен вес свежих и абс. сухих листьев в зависимости от диаметра деревьев.

Таблица 3

Вес свежих и абс. сухих листьев в кг в зависимости от диаметра ствола

Диаметр на высоте гру- ди, см	Световых		Промежуточных		Теневых		Итого	
	свежих	абс. сухих	свежих	абс. сухих	свежих	абс. сухих	свежих	абс. сухих
2	—	—	—	—	0,160	0,055	0,160	0,055
3	—	—	—	—	0,283	0,086	0,283	0,086
4	0,100	0,027	0,216	0,058	0,388	0,103	0,704	0,188
5	0,500	0,160	0,413	0,121	0,313	0,094	1,226	0,365
6	0,903	0,317	0,400	0,125	0,313	0,085	1,616	0,527
7	0,926	0,310	0,413	0,124	0,413	0,137	1,752	0,571
8	0,963	0,354	0,603	0,160	0,363	0,099	1,929	0,613
9	0,963	0,648	1,263	0,386	0,763	0,232	3,989	1,264
10	2,430	0,708	1,163	0,362	0,563	0,166	4,156	1,256
11	3,588	1,177	1,363	0,438	0,663	0,218	5,614	1,833
12	3,613	1,218	1,613	0,487	0,663	0,188	5,889	1,893

Данные табл. 3 показывают, что между листовой массой и диаметром дерева существует связь, приближающаяся к прямолинейной. Характерно, что с увеличением диаметра резко повышается количество световых листьев, меньше — промежуточных и еще в меньшей степени теневых. В результате подсчета листовой массы и поверхности листьев пятнадцатилетнего древостоя тополя бальзамического в условиях Марийской АССР получены следующие данные.

Общий вес свежей листвы на 1 га — 33 905 кг, из них световых листьев — 18 287 кг, промежуточных — 9 417 кг, теневых — 6 201 кг, а в процентном отношении соответственно — 54; 28 и 18 %.

Общий абс. сухой вес листовой массы на 1 га — 10 289 кг, из них световых — 5 823 кг, промежуточных — 2 650 кг, теневых — 1 816 кг; в процентном отношении соответственно — 56; 26 и 18 %.

Общая листовая поверхность на 1 га достигает 130 026 м<sup>2</sup>, из них световых — 57 844 м<sup>2</sup>, промежуточных — 39 620 м<sup>2</sup>, теневых — 32 562 м<sup>2</sup>; в процентах соответственно — 44; 30; 26%. Как видно, поверхность теневых листьев достигает значительных размеров.

Л. А. Иванов указывает, что наиболее производительно работают ассимилирующие поверхности световых и промежуточных листьев, а теневые листья работают иногда отрицательно, то есть они расходуют на дыхание больше органических веществ, чем создают их при ассимиляции. Проф. М. Е. Ткаченко отмечал, что при обрубке сучьев с теневыми листьями рост дерева несколько увеличивается. Поэтому при рубках ухода за древостоями в первую очередь следует вырубать экземпляры с большим количеством теневых листьев. К таким относятся деревья Ia и IV категорий и частично I категории (с сильно разросшимися кронами).

Установлено, что из всех таксационных показателей в наиболее тесной связи с листовой массой находится текущий прирост древесины ствола. Эта связь показана в табл. 4, из которой видно, что древостой тополя бальзамического в возрасте 15 лет развивает листовую массу (по абс. сухому весу) и поверхность примерно в два раза больше по сравнению с березовым и в три раза по сравнению с осиновым древостоями. Резкое превышение веса свежих листьев и большая масса их на 1 м<sup>3</sup> прироста древесины у тополя связаны с повышенным содержанием влаги в его листьях.

Эффективность работы ассимилирующей массы, судя по абс. сухому весу и поверхности листьев на 1 м<sup>3</sup> древесины, у тополя несколько выше, чем у березы, и несколько ниже, чем у осины.

Таблица 4

Вес и поверхность листьев в пересчете на 1 га и на 1 м<sup>3</sup> прироста древесины

Показатели	Порода		
	береза	осина	тополь
Вес свежих листьев на 1 га, кг . . . . .	9,764	7,057	33,905
Абс. сухой вес листьев на 1 га, кг . . . . .	4,105	3,797	10,289
Общая поверхность листьев на 1 га, м <sup>2</sup> . . . . .	68,616	40,776	130,026
Количество свежей листвы на 1 м <sup>3</sup> стволовой древесины, кг . . . . .	1,750	1,000	2,113
Вес абс. сухих листьев на 1 м <sup>3</sup> стволовой древесины, кг	0,733	0,535	0,643
Поверхность листвы на 1 м <sup>3</sup> стволовой древесины, м <sup>2</sup> .	12,252	5,658	8,125

Таким образом, высокая производительность тополя бальзамического, при сравнительно благоприятных условиях для его произрастания, связана с большим развитием у него листовой массы и поверхности. Это обстоятельство весьма существенно, оно свидетельствует о способности тополя бальзамического эффективно использовать потенциальное плодородие почв.

Поступила в редакцию  
10 января 1959 г.

## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ХОДА РОСТА КУЛЬТУР СОСНЫ В ВЫСОТУ В БОРОВЫХ ТИПАХ ЛЕСА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**А. В. ПАТРАНИН**

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Объектами исследования явились 32 участка лесных культур в Рослятинском, Бабаевском, Чагодощенском и Никольском лесхозах Вологодской области. Средние высоты и средние приросты по годам на каждом участке культур определялись методом вариационной статистики. Ошибка средних показателей в большинстве случаев не превышает 4—5%.

Сопоставление культур сосны 2, 3, 4 и 5-летнего возраста при подготовке почвы узкими бороздами, сделанными сельскохозяйственным плугом, и площадками показало, что в первом случае рост сосны в высоту был несколько выше, чем во втором. Так, например, в брусничниковых типах условий местопроизрастания в Бабаевском лесхозе средняя высота сосны в двухлетних культурах, посаженных в плужные борозды, на 3 см больше, чем при посадке в площадки (табл. 1).

Небольшое различие в средних высотах сосны в зависимости от способа подготовки почвы наблюдается и при посевах. Особенно это наглядно проявляется в брусничниковых типах Чагодощенского и Рослятинского лесхозов. Средняя высота сосны в культурах трехлетнего возраста при посеве в площадки в Чагодощенском лесхозе на 2,2 см меньше, чем при посеве в плужные борозды. В четырехлетнем возрасте разница в высотах несколько увеличивается и достигает 7 см. В пятилетнем возрасте средние высоты сосны, при сравниваемых способах подготовки почвы, несколько сближаются, однако преимущество в росте сохраняется за посевами в борозды.

В Рослятинском лесхозе средняя высота сосны в культурах двухлетнего возраста в плужных бороздах на 3,3 см больше, чем в площадках. В трехлетнем возрасте разница в средних высотах сокращается до 1 см. Преимущество в росте в высоту при подготовке почвы плужными бороздами наблюдается и при сопоставлении культур, расположенных примерно в одинаковых лесорастительных условиях (сосняк-брусничник) двух соседних Чагодощенского и Бабаевского лесхозов. Рост сосны при посадках в плужные борозды (Чагодощенский) несколько интенсивнее, чем при подготовке почвы площадками (Бабаевский). В двухлетнем возрасте разница в средних высотах равна 1 см, в трехлетнем —



2,3 см и в четырехлетнем — 1 см. В пятилетнем возрасте разница в высотах отсутствует (табл. 1).

Хотя различие между средними высотами культур сосны при сравнимых способах подготовки почвы и невелико; однако оно наблюдается систематически. Разница к пятилетнему возрасту культур сглаживается. Отмеченная закономерность зависит от различия в ширине площадки и плужной борозды. Мощность лесной подстилки и гумусового горизонта в борových типах в Вологодской области не превышает 5—6 см и при подготовке почвы как бороздами, так и площадками они удаляются на сторону. Площадки чаще всего имеют неправильную форму и во всех случаях их поперечник больше 50 см. Ширина борозд, проведенных сельскохозяйственным плугом, не превышает 25 см, что имеет значение в использовании растений участков почвы, нетронутых обработкой.

При раскопках корневых систем в посевных культурах сосны 1, 2, 3, 4 и 5-летнего возраста в брусничниковых типах условий местопроизрастания нами было выявлено, что в первый год длина горизонтальных корней сеянцев составляет в среднем 10—12 см, во второй — 20—25 см, в третий — 30—40 см, в четвертый — 50—80 см и в пятый год — 120 см. При посевах в плужные борозды корни сосны уже в первые два года (раньше, чем на площадках) достигают гумусированного горизонта целины, что является одной из причин несколько повышенного роста.

Сосна, обладая высокой энергией роста боковых горизонтальных корней, достигающих 12—15 см в год, нивелирует различие в способах подготовки почвы на второй — третий год. Материалы исследования показывают, что в борových типах условий местопроизрастания, за исключением потенциальновейниковых вырубков (по И. С. Мелехову), размеры площадок не должны превышать  $20 \times 20$  или  $25 \times 25$  см. Надлежащее место при подготовке почвы под лесные культуры могут занять и сельскохозяйственные плуги.

Несколько большее влияние на рост сосны в высоту оказывает применяемый метод культур.

Если сравнить культуры Чагодощенского лесхоза, заложенные в один и тот же год в условиях местопроизрастания сосняк-брусничник, то оказывается, что на пятый год посевы отстают в росте по высоте от посадок на 9,5 см, но если сравнить культуры сосны в биологически равном возрасте, то окажется, что при посадке сосенки трех лет отстают в росте от посевов на 13,5 см, а на пятый год — на 15,7 см (табл. 1).

В лишайниковых и близких к ним типах условий местопроизрастания наблюдается более интенсивный рост в высоту при посадке. В культурах двухлетнего возраста (Чагодощенский лесхоз) при посевах средние высоты меньше на 6,6 см, а в пятилетнем возрасте — на 25 см (табл. 1). В биологически равном трехлетнем возрасте средняя высота сосны в посадках меньше, чем в посевах на 6,6 см, а в пятилетнем — только на 2,2 см. Посадки в Бабаевском лесхозе к пятому году жизни даже превосходят посев в биологически равном возрасте на 9 см.

Отмеченные выше закономерности наблюдаются и в культурах 18-летнего возраста. В брусничниковых типах высота сосны к этому возрасту как в посевах, так и в посадках одинакова и составляет 6 м. Разница в годичных приростах между посевами и посадками очень незначительна, но и в этом случае преимущество до пяти лет сохраняется за посевами.

В вересково-лишайниковых типах интенсивность роста сосны от трех до 18 лет в посадках значительно выше, чем в посевах. В этот период средний годичный прирост посадок сильно превышает прирост посевов. Общая разница в средних высотах составляет 1 м или 37%.

Для более полного объяснения указанных особенностей хода роста культур сосны в боровых типах условий местопроизрастания необходимо поставить специальные опыты.

Основываясь на материалах нашего исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Способ подготовки почвы (площадки и плужные борозды) под лесные культуры в боровых типах условий местопроизрастания, сопровождаемый удалением гумусового горизонта на сторону, при одинаковых размерах ширины посевного места и борозды оказывает мало заметное влияние на рост культур сосны в высоту. При увеличении размеров площадок преимущество сохраняется за подготовкой почвы узкими плужными бороздами.

2. Метод производства культур оказывает значительно большее влияние на рост сосны в высоту. В брусничниковых и близких к нему типах условий местопроизрастания посевы первоначально имеют лучший рост в высоту, чем посадки, а в дальнейшем рост выравнивается. В лишайниковых типах большая интенсивность роста наблюдается в посевах, а в лишайниковых типах — посадка.

---

Поступила в редакцию  
11 апреля 1959 г.

## ОБ УЗКО- И ШИРОКОКРОННЫХ СОСНАХ В БЕЛОРУССКОЙ ССР

Б. Д. ЖИЛКИН

Профессор

(Белорусский лесотехнический институт)

До недавнего времени лесоводы лишь констатировали наличие узко- и ширококронных разновидностей сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и предполагали, что ширококронная сосна более подвержена снеголому, вследствие чего в высокогорных и северных районах она вытесняется узкокронной. Хозяйственное значение этих разновидностей выясняется в настоящее время. Однако в нашей учебной литературе по этому вопросу пока нет единого мнения. Так, например, Б. В. Гроздов [3] отдает предпочтение ширококронным соснам, считая их более быстрорастущими, чем узкокронные, а Н. П. Георгиевский [2], ссылаясь на то, что ширококронные сосны образуют более суковатые и сбежистые стволы, рекомендует при рубках ухода оставлять узкокронные. Е. Н. Кондратюк [4] в 1950 г. выделил ширококронную сосну в Житомирском полесье в самостоятельный вид — сосну Фомина (*Pinus Fomini* Kondratjuk), дал описание ее морфологических признаков и отметил ряд хозяйственно-ценных особенностей, а А. Л. Лыпа [6] включил ее в свой определитель. П. С. Кондратьев и Е. Н. Кондратюк [5], произведя обмеры 1000 сосен в 13 пунктах УССР, Московской, Горьковской, Калининской и Рязанской областей РСФСР, пришли к выводу, что на юге УССР преобладают ширококронные сосны (до 70%), а на севере процент их участия уменьшается. Они рекомендовали дифференцированно подходить к узко- и ширококронным соснам при лесоразведении и советовали продолжать всестороннее изучение их биологических особенностей.

Линдквист [10] считает, что отбор и размножение лучших узкокронных сосен может дать значительный хозяйственный эффект, так как позволит получать с единицы площади больше стволовой древесины и целлюлозы, а также снизить оборот рубки по крайней мере на 20%. Начиная с 1943 г., в Швеции проведена большая работа по отбору среди узкокронных сосен элитных («плюсовых») деревьев и по созданию из них и их саженцев, полученных прививкой, специальных лесосеменных садов. По всей стране выявлено около 3000 элитных сосен, из которых около 10% отобрано для более углубленного исследования и проверки потомства.

Немецкие лесоводы Эртельд и Кройтер [9] на основании проведенных с 1954 г. исследований признаков хорошего и плохого приростов у

716 деревьев в 12 сосновых древостоях (от 8 до 90 лет) показали тесную корреляционную зависимость между относительной величиной кроны и энергией роста. Тип быстрорастущих сосен они связывают с узкой кроной, горизонтальными тонкими сучьями и круто поднимающимися вверх толстыми.

А. В. Альбенский [1], обобщая мировой опыт по селекции лесных древесных пород, отмечает, что у сосны наследуются формы кроны ствола и чешуй шишек, содержание смолы в древесине, быстрый или медленный рост, способность куститься, но для проявления быстрого роста необходимы благоприятные внешние условия.

В процессе изучения биологии сосновых типов леса нами было подмечено, что с ухудшением условий жизни сосны (при одинаковой густоте заселения площади) увеличиваются относительные размеры ее корневых систем и кроны, что, по нашему представлению, является приспособительным свойством. Поэтому мы склонны рассматривать узкокронные сосны как наследуемые формы сосны обыкновенной, появившиеся в более благоприятных для нее условиях и изменяющиеся под влиянием внешней среды.

В доказательство этой рабочей гипотезы приводим результаты анализа 656 подопытных сосен, которые сняты на план вместе с проекциями кроны на трех стационарах, заложенных в Негорельском учебно-опытном лесхозе для изучения спелых высокополнотных древостоев, наиболее распространенных в БССР типов леса. Эти типы леса представляют хорошо выраженный экологический ряд возрастающих влажности и богатства почв (по содержанию азота и элементов минерального питания) и соответственно повышающихся бонитетов и запасов стволовой древесины сосны.

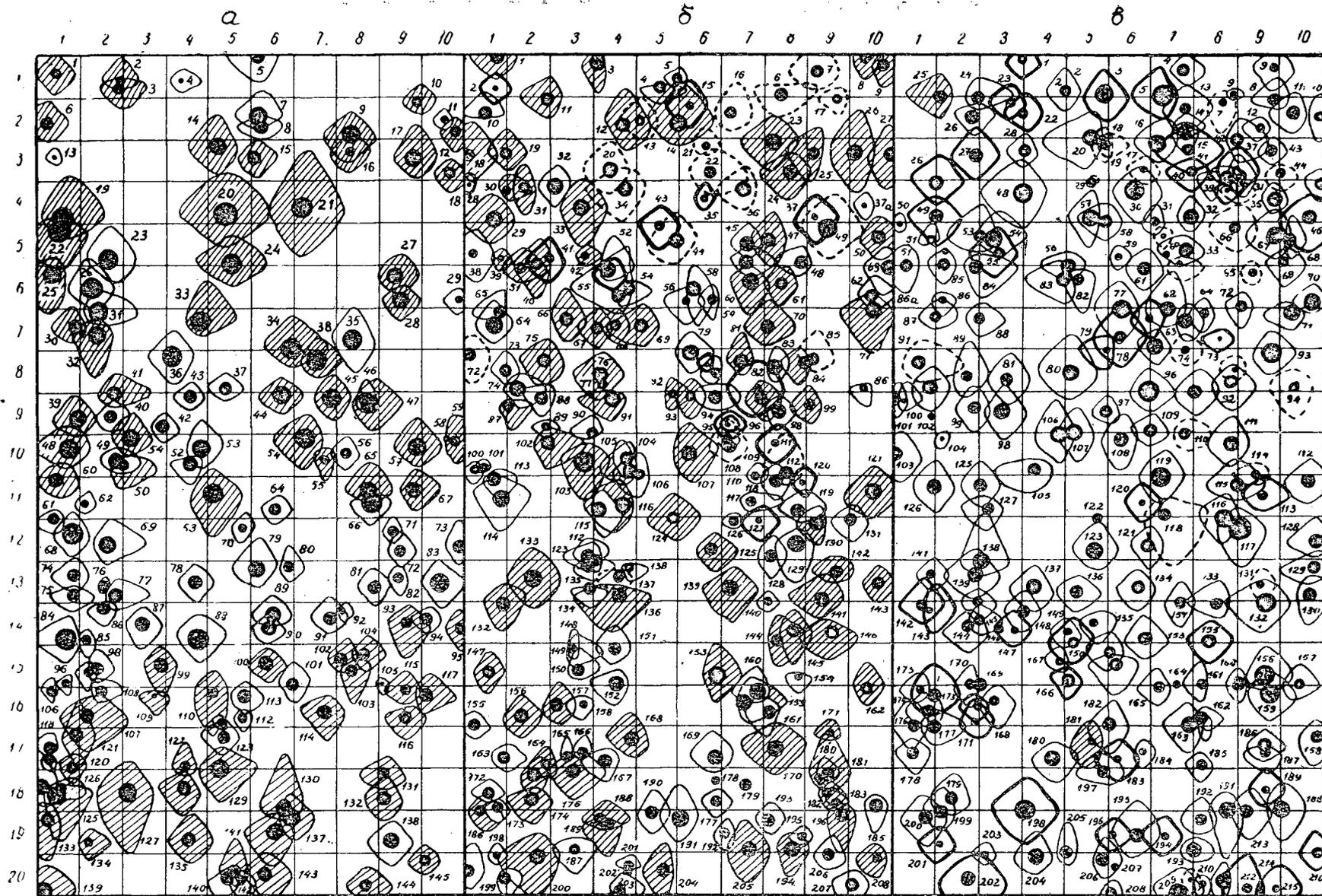
Для выделения разновидностей сосны мы применяли относительные показатели формы кроны. Деревья, имеющие диаметр кроны меньше среднего для данного класса продуктивности, мы относили к узкокронным. Так, в сосняке-брусничнике на стационаре № 1, заложенном в 1948 г. в древостое 110 лет, с полнотой 0,74, все 357 сосен распределились следующим образом:

Таблица 1

Класс продуктивности	Относительный диаметр на высоте груди в см	Число деревьев	
		узкокронных	ширококронных
I	1,45 и выше	2	2
II	1,15—1,44	26	41
III	0,85—1,14	73	100
IV	0,75—0,84	45	35
V	0,74 и ниже	12	21

Таким же образом были выделены в пределах каждого класса продуктивности узко- и ширококронные сосны в спелых сосняках вересковым и орляково-черничном. При этом получились результаты, приведенные в табл. 2.

Оказалось, что с повышением плодородия почв и продуктивности древостоя значительно уменьшаются размеры средних, минимальных и максимальных диаметров кроны, снижаются отношения диаметра кроны к диаметру ствола на высоте груди  $D_k/D_{ст}$ , повышаются отношения высоты к диаметру кроны  $H/D_k$ , понижается участие ширококронных сосен за счет узкокронных. С повышением бонитета и класса продуктив-



Условные обозначения:

проекция кроны и диаметров:  $\odot$  сосны,  $\odot$  ели,  $\odot$  березы,  $\odot$  стволы сухостойных деревьев. Масштаб  $\overline{0 \quad 5}$

Одно деление масштаба равно: для кроны и элементарных квадратов — 1 м; для диаметров деревьев — 20 см.

Рис. 1

а — стационар № 16; б — стационар № 1; в — стационар № 14.

Таблица 2.

Показатели	Тип леса и номер стационара		
	сосняк вересковый № 16	сосняк-брусничный № 1	сосняк орляково-черничный № 14
Бонитет . . . . .	III	II	I
Возраст, лет . . . . .	105	110	110
Полнота . . . . .	0,75	0,74	0,77
Диаметр крон, м			
средний . . . . .	4,5	4,2	3,0
минимальный . . . . .	1,8	1,4	1,2
максимальный . . . . .	10,0	8,0	5,8
$D_k/D_{ст}$ . . . . .	13	13	9
$H/D_k$ . . . . .	5	6	10
Участие узкокронных в % . . . . .	35	44	99
ширококронных в % . . . . .	65	56	1

ности дерева амплитуды диаметров крон уменьшаются. На планах в сосняках вересковом и брусничниковом бросается в глаза групповое расположение рассматриваемых форм сосен (рис. 1).

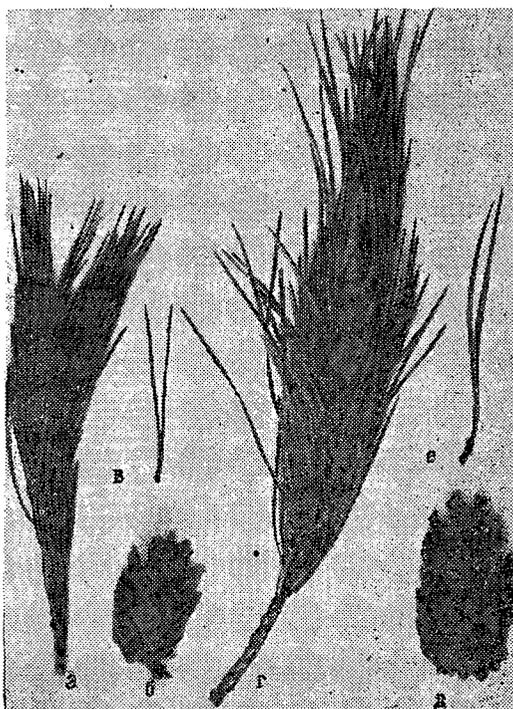


Рис. 1. Образцы побегов 1956 г., хвоннок и шишек деревьев II класса продуктивности, срубленных рядом со стационаром № 1:  
а, б, в, — узкокронная форма;  
г, д, е — ширококронная.

Исследование таксационных признаков у всех 30 сосен средней степени толщины (32 см), проведенное в сосняке-брусничнике на стационаре № 1, показало при достаточно высокой точности опыта достоверные

разницы в размерах крон, диаметрах и объемах стволов узко- и ширококронных сосен и недостоверные различия в высотах и коэффициентах формы стволов ( $q_2$ ).

Обследование двух срубленных модельных деревьев одного класса продуктивности, но резко различных по диаметру крон, обнаружило большое сходство морфологических признаков нашей ширококронной сосны с сосной Фомина (рис. 2).

Длина хвои узкокронных сосен составляет  $46,4 \pm 0,46$  мм, а ширококронных  $62,12 \pm 0,77$  мм при показателе существенности различия  $t = 18,8$ .

Подсчет шишек и их следов у этих сосен за семь лет показал, что средний урожай узкокронной сосны составлял 483, а ширококронной — 673 шишки, от есть у последней почти на 40% больше. У узкокронной сосны количество ядровой древесины (определяемое по способу Джапаридзе) составляет 41%, а у ширококронной 32%.

Таблица 3

Показатели	Характер крон	Классы продуктивности				
		I	II	III	IV	V
Диаметр на высоте 1,3 м в см . . . . .		51	42	32	24	19
Встречаемость в % . . . . .	узк.	0,6	7,3	20,5	12,6	3,3
	шир.	0,5	11,5	28,0	9,8	5,9
Высоты в м . . . . .	узк.	31	29	27	25	22
	шир.	30	28	25	24	21
Средние диаметры крон в м . . . . .	узк.	5,40	4,48	3,70	2,78	2,18
	шир.	7,70	6,28	5,02	3,92	3,16
Площади проекций крон в м <sup>2</sup> . . . . .	узк.	23	16	11	6	4
	шир.	47	31	20	12	8
Протяженность крон в % от высоты стволов . . . . .	узк.	42	41	41	36	27
	шир.	40	39	38	33	24
Отношения $D_k/D_{ст}$ . . . . .	узк.	10,6	10,7	12,2	10,7	10,0
	шир.	15,1	15,0	15,7	15,1	14,3
Отношения $H/D_k$ . . . . .	узк.	5,7	6,5	7,3	9,0	10,0
	шир.	3,9	4,5	5,0	6,1	6,6
Средний годичный прирост в высоту за 5 лет (1952-1956 гг.) в см . . . . .	узк.	16,1	14,2	14,8	14,9	14,3
	шир.	14,3	12,7	12,5	12,4	12,3
„ в % от высоты . . . . .	узк.	5,2	4,9	3,5	5,9	6,5
	шир.	4,7	4,5	4,8	5,2	6,1
Процент сучьев и ветвей (от веса стволов) . . . . .	узк.	9	7	6	5	3
	шир.	18	12	10	7	5
Процент протяженности тонкой коры от длины ствола . . . . .	узк.	91	93	94	94	95
	шир.	88	91	92	92	92
Вес хвои в кг . . . . .	узк.	41	30	20	10	2
	шир.	34	26	19	13	3
Площадь поверхности хвои (по формуле Тирена) в м <sup>2</sup> . . . . .	узк.	210	150	90	40	13
	шир.	170	120	70	40	17

Объемный вес древесины узкокронной сосны  $0,606 \pm 0,005$ , а ширококронной  $0,566 \pm 0,005$  при  $t = 5,8$ . Сопротивление сжатию вдоль

волокон оказалось у узкокронной сосны равным  $539 \pm 19$  и у ширококронной  $516 \pm 12$  при  $t = 1,05$ .

Дальнейшее изучение свойств этих разновидностей на 10 модельных деревьях (по одной узко- и ширококронной сосне каждого класса продуктивности), срубленных рядом со стационаром № 1 в сосняке-брусничнике в возрасте 118 лет, и растущих подопытных сосен (табл. 3) показало, что признаки узкокронных сосен во многом совпадают с признаками сосен стадийно молодых, «замедленного развития», а ширококронных — с признаками стадийно более старых, «быстрого развития» в классификации деревьев по росту и развитию по Нестерову [7].

Опыт показал, что узкокронные сосны по сравнению с ширококронными характеризуются худшим плодоношением, энергичным приростом в высоту в 100—120-летнем возрасте, значительно пониженным процентом сучьев и ветвей (от веса ствола), дают меньшие отходы на кору, содержат больший процент ядровой древесины и обладают несколько лучшими показателями физико-механических свойств древесины, имеют более короткую, но и более обильную хвою (ее вес и поверхность у деревьев I, II и III классов продуктивности оказались значительно больше, чем у ширококронной) и характеризуются лучшими показателями влияния на водный баланс.

По-видимому, улучшение водоснабжения, азотного и минерального питания не только способствует повышению продуктивности деревьев и древостоев, но и замедляет процесс старения и способствует отбору хозяйственно наиболее ценных в условиях БССР узкокронных сосен.

Для более полного выяснения целесообразности отбора и выращивания различных форм сосны в разных экономических и физико-географических условиях, а также для нахождения эффективных путей и способов управления формобразованием этой породы необходимо дальнейшее комплексное ее изучение. Следуя рекомендации А. С. Яблокова «изыскать доступные для массового применения методы селекции и семеноводства, которые хотя бы в некоторой степени ослабили гнет времени, тяготеющий над лесным хозяйством» [8], мы передаем на обсуждение лесной общественности изложенный в настоящей статье опыт отбора узкокронных сосен.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Альбенский. Селекция и семеноводство деревьев в лесах Сибири. Труды по лесному хозяйству Сибири, вып. 4, Новосибирск, 1958. [2]. Н. П. Георгиевский. Рубки ухода за лесом. М., 1957. [3]. Б. В. Гроздов. Дендрология, М.-Л., 1952. [4]. Е. Н. Кондратьюк. Новый вид сосны из Житомирского Полесья. Ботанический журнал АН УССР № 1, 1950. [5]. П. С. Кондратьев, Е. Н. Кондратьюк. Сосны с широкой и узкой кронами. Ботанический журнал АН УССР № 4, 1952. [6]. А. Л. Лыпа. Определитель деревьев и кустарников. Киев, 1955. [7]. В. Г. Нестеров. Лесоводство. М., 1958. [8]. А. С. Яблоков. Состояние и задачи селекции древесных и кустарниковых пород в СССР. «Лесное хозяйство» № 9, 1958. [9]. W. Erteld und G. Kräuter. Untersuchungen über die Erkennbarkeit guter und schlechter Zuwachsträger bei der Kiefer. Archiv für Forstwesen, B. 6, N. 5/6, 1957. [10]. B. Lindquist. Forstgenetik in der schwedischen Waldbaupraxis. Radebeul und Berlin, 1951.

## О СТРОЕНИИ ЕЛЬНИКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

### Сообщение 2

И. И. ГУСЕВ

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

Материалом для настоящей работы послужили модели, срубленные на пробах в спелых древостоях [2] и замеры деревьев на двух пробах со сплошной рубкой\*. Всего использовано 1611 деревьев в наиболее распространенных типах леса: ельниках-кисличниках, черничниках и долгомошниках.

### *Корреляция коэффициента формы с высотой дерева*

Установленные закономерные связи коэффициента формы ствола с другими таксационными показателями (высотой, толщиной и т. д.) имеют большое практическое значение. Так, закономерная связь  $q_2$  с высотой и диаметром используется для составления массовых таблиц (В. К. Захаров [4], Д. И. Товстолес [11]), таблиц хода роста (В. И. Левин [5]).

По нашим данным, связь между высотами и коэффициентами формы  $q_2$  характеризуется коэффициентом корреляции, равным  $-0,281 \pm 0,008$ . Данный коэффициент корреляции хотя и невелик, но все же говорит о наличии связи между этими таксационными показателями.

В распределении деревьев по классам формы обнаруживается определенная закономерность. На рис. 1 представлена эмпирическая кривая и кривая, выравненная по формуле Гаусса—Лапласа. Фактическая кривая распределения стволов ели по коэффициентам формы  $q_2$  приближается к нормальной. Данная закономерность одинаково проявляется как в отдельно взятом древостое, так и на больших площадях, так как ряды распределения деревьев по  $q_2$  на пробах сплошной рубки и по данным совокупности моделей, срубленных на различных пробах, не отличаются. Эти данные подтверждают известные положения В. К. Захарова [3], А. В. Тюрина [13] и других исследователей.

Мы не обнаружили заметного влияния типа леса на колебание коэффициента формы. В кисличниках  $q_2$  изменяется в пределах от 0,54 до 0,84; в черничниках от 0,51 до 0,87 и в долгомошниках от 0,54 до 0,87.

\* В замере деревьев на пробах сплошной рубки, кроме автора, принимали участие студенты АЛТИ Н. Соколов, П. Каплуненко, Л. Галасьева, Н. Вельямидова, Г. Кашина.

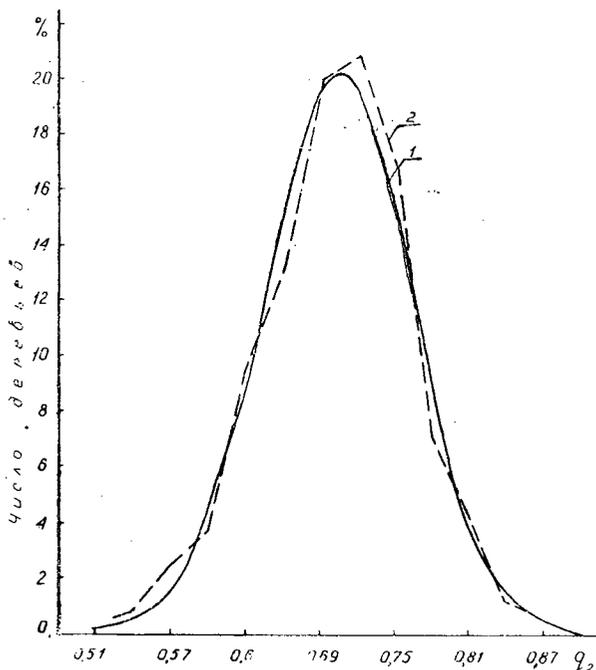


Рис. 1. Распределение стволов ели по коэффициентам формы  $q_2$ .

1—выравненные частоты по формуле Гаусса-Лапласа;  
2—средние фактические.

У основной части деревьев (80,2% от 1373 моделей) коэффициент формы колеблется от 0,63 до 0,75; у 6,8% всех деревьев — от 0,51 до 0,60 и у 13% деревьев в пределах 0,78—0,87.

Следовательно, при таксации древостоев по массовым таблицам целесообразно устанавливать коэффициент формы  $q_2$  для каждого таксационного участка, так как вполне возможно пользоваться массовыми таблицами со средним коэффициентом формы. Ошибка  $P$  от несовпадения средней формы данного насаждения со средней формой породы в целом будет равна  $P = \frac{v}{\sqrt{N}}$ , где  $v$  — коэффициент вариации,  $N$  — число таксируемых древостоев.

Для типов леса ельник-кисличник, ельник-черничник, ельник-долгомошник нами выведены средние коэффициенты формы с основными статистическими показателями ( $\sigma$ ,  $v$ ,  $m$ ,  $p$ ).

В пределах типа леса коэффициенты формы выведены по ступеням высоты (табл. 1).

Приведенные невыравненные коэффициенты формы  $q_2$  во всех типах леса закономерно уменьшаются с увеличением высоты. В изменении коэффициентов формы с высотой во всех рассматриваемых типах леса обнаруживается сходство, которое позволяет охарактеризовать это изменение одним общим рядом, а, следовательно, уравнением вида:  $q_2H = aH + b$ .

Для ельников Архангельской области В. И. Левиным [6] было выведено конкретное уравнение  $q_2H = 0,647H + 0,898$ . Коэффициенты формы, найденные по данному уравнению, весьма мало отличаются от полученных нами средних (общих)  $q_2$ , что указывает на достоверность установленной связи.

Таблица 1

Высота в м	Ельник-кисличник		Ельник-черничник		Ельник-долгомошник		Общее среднее $q_2$
	число стволов	среднее $q_2$	число стволов	среднее $q_2$	число стволов	среднее $q_2$	
8	11	0,77	27	0,76	28	0,75	0,756
11	18	0,73	50	0,75	56	0,71	0,732
14	37	0,73	62	0,73	89	0,69	0,710
17	58	0,72	145	0,72	88	0,67	0,704
20	93	0,70	177	0,70	43	0,66	0,695
23	131	0,69	124	0,70	3	0,64	0,695
26	64	0,68	36	0,68	—	—	0,682
29	24	0,67	5	0,71	—	—	0,675
32	2	0,60	1	0,57	—	—	0,590
Итого	438	0,70	628	0,712	307	0,687	0,704
$\sigma$		$\pm 0,050$		$\pm 0,061$		$\pm 0,063$	$\pm 0,059$
$\sigma$ в %		7,1		8,6		9,2	8,4
$m$		$\pm 0,0024$		$\pm 0,0024$		$\pm 0,0036$	$\pm 0,0005$
$p$		0,34		0,34		0,52	0,07

Средние коэффициенты формы в кисличниках и черничниках не одинаковы, показатель существенности разности  $t = 3,5$ . В сравнении с ними несколько понижен средний коэффициент формы в долгомошниках, причем  $t = 5,8$  и  $3,0$ .

Понижение  $q_2$  с ухудшением условий местопроизрастания отмечают К. Б. Лосицкий [9], А. П. Чаркина [15], Р. Г. Синельщиков [10]. Средний коэффициент формы для изученных нами ельников всех типов леса равен  $0,704 \pm 0,0005$ .

Следует отметить сравнительно небольшое варьирование коэффициента формы по типам леса (табл. 1). В среднем для ельников Архангельской области коэффициент вариации равен  $8,4\%$ .

### Длина кроны и ее связь с толщиной дерева

Для установления связи длины кроны с толщиной дерева нами составлены корреляционные таблицы отдельно по типам леса.

Во всех типах леса коэффициенты корреляции характеризуют довольно устойчивую связь длины кроны с толщиной дерева (табл. 2):

Таблица 2

Статистические показатели	Тип леса		
	ельник-кисличник	ельник-черничник	ельник-долгомошник
Количество деревьев	438	628	307
Коэффициент корреляции $r$ с ошибкой	$0,762 \pm 0,020$	$0,680 \pm 0,022$	$0,716 \pm 0,028$
Средняя длина кроны $M \pm m$	$11,0 \pm 0,18$	$10,8 \pm 0,16$	$9,3 \pm 0,17$
Основное отклонение $\sigma$	3,75	3,96	3,04
Коэффициент вариации $v$	34,1	36,5	32,6
Показатель точности опыта $p$	1,64	1,48	1,84

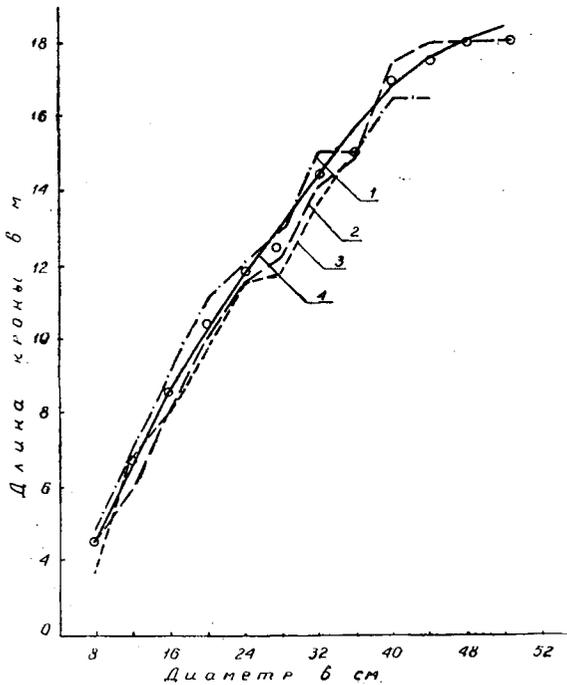


Рис. 2. Связь длины кроны с толщиной дерева.

1 — ельник-кисличник; 2 — ельник-черничник; 3 — ельник-долгомошник; 4 — средняя выравненная кривая.

Длина кроны во всех типах леса сильно варьирует. Коэффициенты вариации длины кроны в различных типах леса мало отличаются между собой, изменяясь от 32,6% в долгомошниках до 36,5% в черничниках.

Для каждого типа леса найдена средняя длина кроны по ступеням толщины. Как оказалось, длина кроны мало зависит от типа леса. При одной и той же толщине дерева, но в разных типах леса она остается почти постоянной (рис. 2). Поэтому связь длины кроны с толщиной дерева после некоторого графического выравнивания для всех рассматриваемых типов леса можно характеризовать общими данными (табл. 3).

Таблица 3

Ступени толщины	Длина кроны в м
8	4,5
12	6,7
16	8,6
20	10,2
24	11,8
28	13,0
32	14,4
36	15,7
40	16,6
44	17,5
48	18,1
52	18,4

#### Связь длины кроны с коэффициентом формы $q_2$

По этому вопросу единого мнения нет. Н. В. Третьяков указывал, что прочной связи между длиной кроны и формой ствола  $q_2$  быть не может, что форма ствола изменяется значительно быстрее, чем крона [12]. В. И. Левин, изучавший сосняки Архангельской области, отметил то же самое [7]. Напротив, А. В. Тюрин считает, что «низким коэффициентам формы сопутствует низко опущенная, обычно хорошо развитая крона, а высоким коэффициентам формы — высоко поднятая, обычно слабо развитая крона» [14].

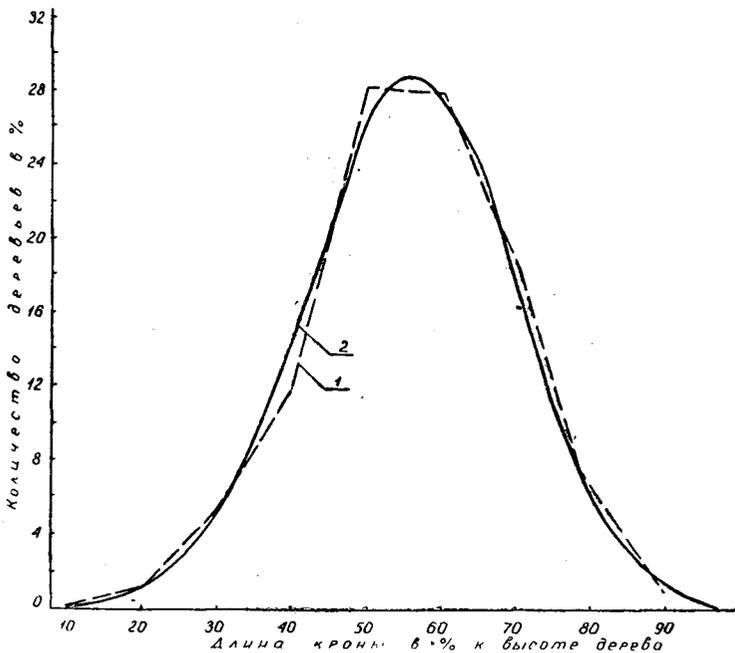


Рис. 3. Распределение еловых деревьев по ступеням относительной длины кроны.

1 — по фактическим данным, 2 — выравненные по формуле Гаусса-Лапласа.

Для выявления связи длины кроны с коэффициентом формы  $q_2$  длина кроны выражалась в долях высоты дерева. Далее находились средние ряды коэффициентов формы  $q_2$  по разрядам высот в зависимости от относительной длины кроны (табл. 4).

Таблица 4

Высота в м	Длина кроны в долях высоты дерева							
	менее 1/4		1/4—1/2		1/2—3/4		более 3/4	
	число стволов	$q_2$	число стволов	$q_2$	число стволов	$q_2$	число стволов	$q_2$
10	6	0,744	81	0,740	106	0,703	26	0,665
15	5	0,750	132	0,724	260	0,700	41	0,684
20	4	0,733	195	0,702	388	0,694	39	0,694
25	—	—	94	0,700	194	0,693	19	0,690
30	—	—	4	0,665	17	0,665	—	—
Средние	—	0,740	—	0,712	—	0,696	—	0,684

Из данных табл. 4 видно, что с увеличением относительной длины во всех разрядах высот имеется некоторое уменьшение  $q_2$ . Более заметное влияние на величину коэффициента формы крона оказывает в низких разрядах высот (10 и 15 м). В более высоких разрядах (20 и 25 м) с изменением длины кроны коэффициенты формы остаются почти постоянными. Поэтому в среднем они весьма мало уменьшаются при увеличении длины кроны. Если не учитывать средний коэффициент формы при длине кроны более  $1/4$  высоты из-за недостаточного количества моделей (15 шт.), то окажется, что средние максимальное и минимальное

значения коэффициентов формы отличаются на 0,028. Такое незначительное уменьшение  $q_2$  при колебании относительной длины кроны от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{3}{4}$  не имеет большого практического значения.

В распределении числа деревьев по ступеням относительной длины кроны обнаруживается определенная закономерность: фактический ряд распределения числа деревьев по ступеням относительной длины кроны приближается к теоретическому ряду, найденному по формуле Гаусса—Лапласа (рис. 3). Средняя величина относительной длины кроны равна  $56,2 \pm 0,34$ , основное отклонение  $\sigma = 13,5$ , коэффициент вариации  $v = 24,0\%$ .

### Связь формы деревьев с полнотой древостоя

Многие исследователи считают, что между формой деревьев и полнотой древостоя имеется некоторая связь (А. В. Тюрин [14], В. К. Захаров [4], В. И. Левин [7] и др.).

Изучая спелые и перестойные ельники Архангельской области, мы получили следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5

Показатели	Число пробных площадей	Высоты в м										среднее	
		10		15		20		25		30			
		число стволов	$q_2$										
Полнота древостоя													
1,0	25	48	0,756	75	0,714	106	0,707	60	0,700	6	0,694	0,715	
0,9	26	71	0,736	139	0,675	188	0,707	92	0,704	7	0,672	0,700	
0,8	28	46	0,718	136	0,700	226	0,691	127	0,690	5	0,660	0,695	
0,7	18	27	0,722	53	0,666	78	0,689	26	0,679	3	0,650	0,685	
0,6—0,5	10	27	0,665	35	0,658	28	0,671	2	0,685	—	—	0,663	
Уменьшение $q_2$ при изменении полноты от 1,0 до 0,5—0,6			0,091		0,061		0,036		0,015			0,052	

С уменьшением полноты древостоя от 1,0 до 0,5—0,6 во всех ступенях высоты идет уменьшение коэффициентов формы. Влияние полноты на форму ствола больше проявляется у тонкомерных деревьев и меньше — у толстомерных.

### Корреляция ширины кроны с толщиной деревьев

Установление связи между шириной кроны и толщиной деревьев важно при дешифрировании лесных аэроснимков, поэтому изучением этой связи занимались многие исследователи (Н. И. Баранов, Г. Г. Самойлович, В. И. Левин и В. И. Калинин, М. К. Бочаров, А. М. Березин и И. А. Трунов и другие).

В. И. Левин [8] установил закономерную связь между поперечниками крон  $D_k$  и площадями поперечных сечений деревьев на высоте груди  $g$  в виде уравнения прямой:

$$D_k = ag + b$$

А. М. Березин и А. И. Трунов [1] показали, что наибольшее влияние на размеры крон оказывает полнота и состав, особенно в еловых насаждениях. В различных физико-географических условиях величина кроны

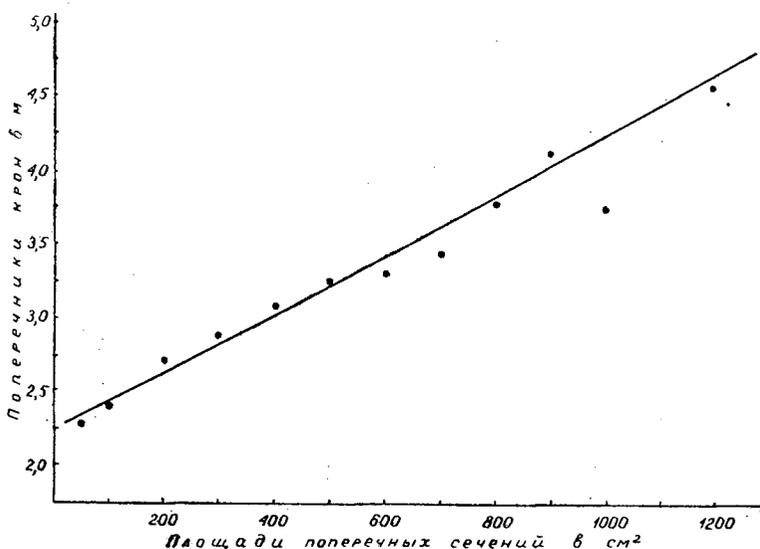


Рис. 4. Связь ширины кроны с площадью поперечного сечения деревьев на высоте груди (1,3 м).

для одних и тех же диаметров деревьев оказалась разной, что привело к необходимости проведения исследований в различных областях Советского Союза [1].

Для изучения корреляции ширины кроны с толщиной деревьев нами был проведен обмер диаметров крон и диаметров стволов на высоте груди (402 дерева) в сомкнутом еловом насаждении VII класса возраста в типе леса ельник-черничник, со средней высотой 21 м и средним диаметром 22 см. На основании этих замеров составлена корреляционная таблица в зависимости от диаметра крон и площади сечения стволов на высоте груди. Коэффициент корреляции оказался равным  $0,678 \pm 0,025$ ; среднее значение диаметра кроны (в м) составило  $2,94 \pm 0,032$ ; основное отклонение 0,69, коэффициент вариации 23,5% и показатель точности 1,09%. Связь средних диаметров крон с площадью поперечных сечений еловых деревьев на высоте груди, по нашим материалам, характеризуется прямой линией (рис. 4), которая соответствует уравнению  $D_k = 18,449 g + 2,274$  или  $D_k = 14,482 d_{1,3}^2 + 2,274$ . По этому уравнению мы нашли вероятное значение толщины деревьев на высоте груди для различных диаметров крон (табл. 6).

Таблица 6

Диаметр поперечника кроны в м	Вероятный диаметр ствола на высоте груди в см
2,50	12,3
2,75	18,1
3,00	22,4
3,25	26,0
3,50	29,1
3,75	31,9
4,00	34,6
4,25	37,0
4,50	39,2
4,75	41,4
5,00	43,4

Найденные диаметры деревьев для различных значений крон в сомкнутых еловых насаждениях типа леса ельник-черничник могут быть использованы для ориентировочных расчетов при инструментально-измерительном дешифрировании лесных аэрофотоснимков.

## ЛИТЕРАТУРА.

- [1]. А. М. Березин, И. А. Трунов. Корреляционная связь диаметров деревьев на высоте груди с диаметром крон для древостоев различных районов Советского Союза. Ученые записки лесной группы. Л., 1957. [2]. И. И. Гусев. О строении ельников Архангельской области. Сообщение 1. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 1, 1960. [3]. В. К. Захаров. Изучение изменчивости формы древесных стволов дубовых насаждений и методика таксации леса. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность», № 7, 1929. [4]. В. К. Захаров. Таблицы сбега и объема стволов ели по бонитетам. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельхозгиз, 1931. [5]. В. И. Левин. Ход роста полных и одновозрастных сосновых древостоев Архангельской области по классам бонитета. Труды АЛТИ, т. XIV, Архангельск, 1954. [6]. В. И. Левин. Взаимосвязь и варьирование основных таксационных элементов деревьев сосны и ели в лесах Архангельской области. Труды АЛТИ, т. XVIII, Архангельск, 1957. [7]. В. И. Левин. К вопросу о строении сосняков Архангельской области. Труды АЛТИ, т. XIII, Архангельск, 1949. [8]. В. И. Левин, В. И. Калинин. К вопросу дешифрирования древостоев по аэрофотоснимкам. Труды АЛТИ, т. XIV, Архангельск, 1954. [9]. К. Б. Лосицкий. Изменение полндревесности деревьев в зависимости от условий произрастания. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1953. [10]. Р. Г. Синельщиков. Рост, строение и возрастная структура еловых насаждений Кировской области. Автореферат кандидатской диссертации. Воронеж, 1959. [11]. Д. И. Товстолес. Таблицы сбега и объема стволов сосны по бонитетам. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельхозгиз, 1931. [12]. Н. В. Третьяков. Лесная таксация (конспект лекций). Составили доц. П. В. Горский и Н. Л. Лесков. Ленинградская ордена Ленина Лесотехническая Академия им. С. М. Кирова, Л., 1957. [13]. А. В. Тюрин. Таблицы сбега и объемов стволов березы по бонитетам. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. Сельхозгиз, 1931. [14]. А. В. Тюрин. Таксация леса. Гослестехиздат, М., 1945. [15]. А. П. Чаркина. Выход сортиментов в ельниках Московской области по типам леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1953.

Поступила в редакцию  
18 июня 1959 г.

## РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЖИЗНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ В ЛЕНИНСКОМ ЛЕСХОЗЕ КРЫМСКОЙ ОБЛАСТИ

ВАН ЦЗЮ-ЛИН

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

При степном лесоразведении в Крыму борьба за влагу является одним из важнейших мероприятий, среди которых обработка и уход за почвой занимают ведущее место.

В настоящее время в лесхозах и совхозах Крыма применяют как плантажную, так и обычную вспашку.

В данной статье мы остановимся на результатах работы по исследованию эффективности различных способов подготовки почвы в Ленинском механизированном лесхозе Крымской области.

Исследовательская работа производилась в квартале 3 Мысовского лесничества около станции «Семь Колодезей». Данный район имеет ровный рельеф. Почва изучаемых участков — южный чернозем. Участки вышли из-под сельскохозяйственного пользования; до посадки и посева лесных пород на них высевалась кукуруза.

В июле 1955 г. на одном участке (30 га) была проведена вспашка плантажным плугом ПП-50 на глубину 55—65 см, а на втором участке (1 га), прилегающем к первому, вспашка плугом П-3-35 на глубину 25—27 см. В октябре почва обрабатывалась на глубину 20 см, а весной 1956 г. бороновалась, после чего были произведены посадка и посев. Главная порода — орех грецкий; сопутствующие — ясень зеленый, груша, кустарники — свидина красная, скумпия. Главную породу вводили гнездовым посевом, а сопутствующие и кустарники — посадкой машиной СЛЧ-1 рядовым способом с расстоянием между рядами 1,2 м и в рядах 0,7—0,9 м. На 1 га было установлено следующее количество посевных и посадочных мест: ореха грецкого 2100; сопутствующих пород 4900 и кустарников 4040, а всего 11040 мест.

В последующие три года уход (культивация и прополка) за почвой был одинаковым.

В 1957—1958 гг. на этих двух участках мы заложили пробные площади и провели изучение влажности почвы, надземной части и корневых систем растений.

В целях определения влажности почвы на опытных участках в 1958 г. брались почвенные образцы с глубины 0—15; 15—30; 30—45; 45—60; 60—75; 75—90; 90—105; 105—120 см в однолетних культурах по

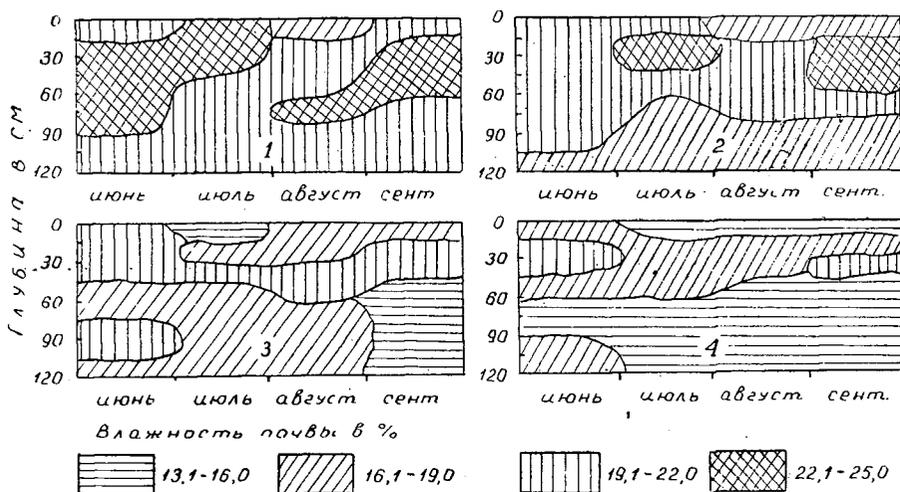


Рис. 1. Динамика влажности почвы при различных способах ее подготовки и на целине.

1 — однолетние культуры по плантажной вспашке; 2 — трехлетние культуры по плантажной вспашке; 3 — трехлетние культуры по обычной вспашке; 4 — целина.

плантажной вспашке, в трехлетних культурах по плантажной вспашке, в трехлетних культурах по обычной вспашке, на целине.

Рис. 1 иллюстрирует изменения влажности почвы по горизонтам в июне, июле, августе и сентябре.

На протяжении периода вегетации с увеличением температуры и уменьшением количества выпадающих осадков влажность почвы понижается. Обычно в июле и августе, месяцах с высокой температурой, влажность почвы ниже, чем в июне и сентябре. На всех участках влажность верхнего горизонта 15 см была наиболее низкой, а последующие горизонты имели более высокую влажность. Даже в условиях 1958 г., когда количество осадков, выпавших в июне — сентябре, превышало среднее многолетнее, влажность почвы в верхнем горизонте была ниже, чем в нижележащем. Накопление и сбережение влаги в значительной мере зависит от применяемого способа подготовки почвы. Кроме того, при уходе за почвой рыхление лапами культиваторов верхнего горизонта уничтожает сорную растительность и нарушает капиллярный подъем воды к поверхности почвы. Разрыхленный верхний горизонт покрывает нижележащие, более влажные, и защищает их от непроизводительного испарения. Данные проведенного исследования показывают, что влажность почвы 120-сантиметрового горизонта была различной при разных способах подготовки почвы (табл. 1).

Таблица 1

Культуры	Месяцы			
	июнь	июль	август	сентябрь
Однолетние по плантажной вспашке . . . . .	22,8	21,0	21,0	21,8
Трехлетние по плантажной вспашке . . . . .	20,9	19,4	18,9	20,2
Трехлетние по обычной вспашке . . . . .	19,8	17,2	16,8	17,1
Целина . . . . .	17,9	16,2	15,6	16,0

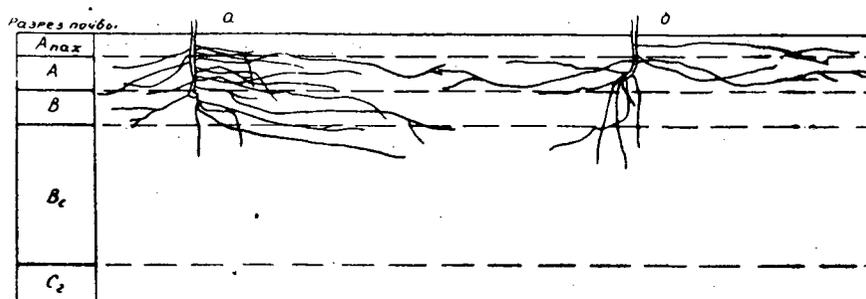


Рис. 2. Схемы размещения корневых систем ореха грецкого при плантажной (а) и обычной (б) вспашке.

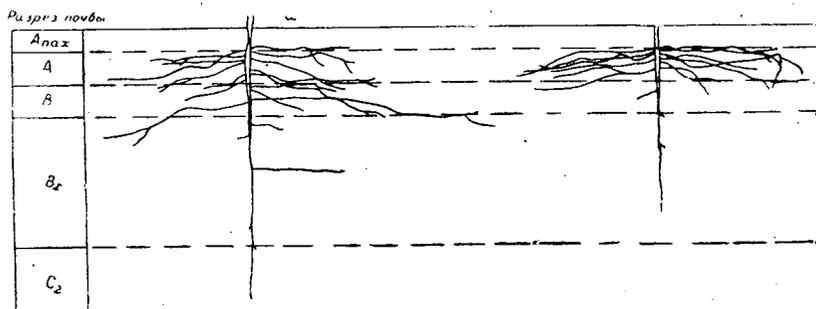


Рис. 3. Схемы размещения корневых систем ясеня зеленого при плантажной (а) и обычной (б) вспашке.

По данным наблюдения за вспаханной плантажным плугом почвой, влажность под верхним 15-сантиметровым слоем в течение периода вегетации была почти одинаковой.

11 июля 1958 г. после дождя было произведено наблюдение за глубиной проникновения осадков. На участке однолетних культур по плантажной вспашке глубина промокания была 35 см, на участке трехлетних культур по плантажной вспашке — 22 см, на участке трехлетних культур по обычной вспашке — 18 см, а на целине — только 15 см. Опыт Ленинского механизированного лесхоза свидетельствует также о том, что плантажная вспашка способствует уничтожению сорняков, особенно корневищевых.

Для выявления влияния плантажной и обычной вспашек на развитие корней были выкопаны однородные по высоте дерева ореха грецкого и ясеня зеленого. Раскопки начинали от шейки, по возможности избегая механического повреждения корней. Горизонтальное и вертикальное распределение корней зарисовывали и фотографировали (схемы размещения см. на рис. 2 и 3).

Грецкий орех на южном черноземе имеет хорошо выраженный стержневой корень. При плантажной вспашке главный корень трехлетнего грецкого ореха достигал глубины в среднем 151 см, а по обычной вспашке — 94 см.

У ясеня зеленого главный корень обычно проникает до глубины 20—30 см, затем начинает загигаться и разветвляется на несколько более мелких корней; один-два из них растут вертикально, а остальные — горизонтально. При плантажной вспашке главный корень загигается и разветвляется на глубине около 30 см, а при обычной вспашке — на глубине около 20 см.

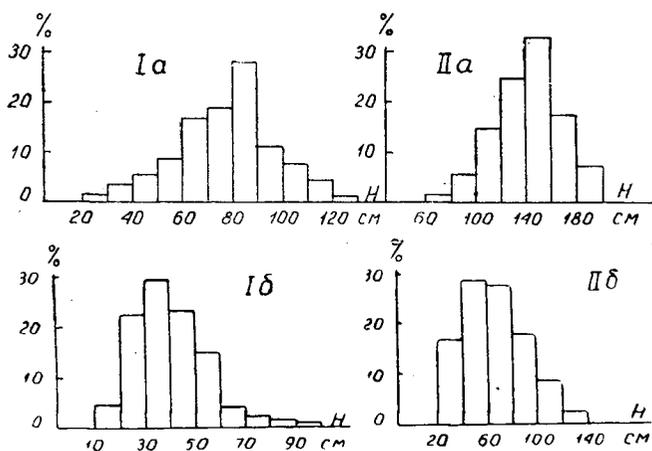


Рис. 4. Распределение по ступеням высот культур ореха грецкого I и ясеня зеленого II при плантажной (а) и обычной (б) вспашке.

Вследствие неустойчивой влажности почвы в самом верхнем 15-сантиметровом горизонте образования боковых корней не наблюдалось; только иногда попадались усыхавшие тонкие корни.

При плантажной вспашке основная масса боковых корней ореха грецкого размещается в слое почвы на глубине 15—50 см, в отдельных случаях даже до 78 см, а по обычной вспашке они развивались до глубины 33 см. Боковые корни ясеня зеленого с большим количеством мочковатых ответвлений при обычной вспашке развивались на глубине до 31 см, то есть в гумусовом горизонте в пределах обработки почвы; при плантажной вспашке корневые системы размещаются глубже (до 48 см), выходя за границы гумусового горизонта.

В степном Крыму, помимо экономного расходования почвенной влаги, большое значение для засухоустойчивости имеет мощность корневых систем и глубина их проникновения в почву. За счет более глубокого распространения корни лесокultur могут использовать почвенную влагу более глубоких горизонтов.

При этих двух способах обработки почвы суммарная длина горизонтальных корней была почти равна, но при плантажной вспашке боковые корни распространялись горизонтально вдоль ряда культур на 2,2 м и поперек ряда на 1,2 м, а при обычной вспашке — соответственно на 1,7 м и 1,4 м. Охватываемый корнями объем почвы при плантажной вспашке значительно больше, чем при обычной.

В начале 1958 г. на пробных площадях проводились измерения высот, приростов по высоте, диаметра на высоте 10 см и диаметров крон.

С увеличением глубины вспашки повышается прирост по высоте и диаметру. Разница в годичном приросте культур по плантажной и обычной вспашке находится в прямой зависимости от влагообеспеченности. В сухие годы наблюдается особенно большая разница. Например, в 1957 г. за три месяца (июнь—август) в Ленинском районе, где были заложены пробные площади, осадков выпало менее 15 мм, однако орех грецкий по плантажной вспашке дал прекрасный прирост, в 2 с лишним раза больше, чем по обычной вспашке, а ясень зеленый — в 3½ раза.

При плантажной вспашке орех грецкий в трехлетнем возрасте достигал средней высоты 75 см при максимальной 128 см, в тех же усло-

виях средняя высота ясеня зеленого равнялась 135 см. При обычной вспашке орех грецкий имел соответственно высоты 39 и 95 см и ясень зеленый — 63 и 130 см.

Из приведенных графиков (рис. 3) видно, что большинство экземпляров грецкого ореха (61%) при плантажной обработке почвы относится к ступени высоты 60—90 см и ясеня зеленого (73%) — к ступени 120—180 см; при обычной вспашке 73,5% ореха грецкого относится к ступени высоты 20—50 см и 73% ясеня зеленого — к высоте 40—100 см.

Нашими исследованиями подтверждается, что плантажная вспашка дает следующие преимущества:

1) повышается приживаемость лесокultur, улучшается их рост и развитие корневых систем, обеспечивается более быстрое смыкание;

2) улучшается режим питания растений, увеличивается мощность корнеобитаемого слоя;

3) увеличиваются водопроницаемость почвы и влагообеспеченность растений; влажность почвы становится более стабильной.

---

Поступила в редакцию  
7 марта 1959 г.

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ

**Э. Н. ФАЛАЛЕЕВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Сибирский технологический институт)

За последние годы в ряде районов Красноярского края наблюдалось массовое размножение сибирского шелкопряда. Большие опустошения этот вредитель произвел в пихтовых насаждениях бассейна р. Кемчуг, которые расположены в районе Ачинск—Абалаково. С учетом ближайших перспектив развития экономики этого района, влекущего за собой повышение интенсивности лесохозяйственного производства, большой практический интерес представляет изучение естественного возобновления с целью разработки мероприятий по восстановлению лесов.

Наши исследования проводились в пихтарниках, занимающих наиболее дренированную прирусловую часть поймы р. Кемчуга и ее крупных притоков.

В этом типе леса под пологом обычно имеется значительное количество подроста пихты, ели и кедра (табл. 1).

Таблица 1

**Возобновление под пологом пойменных пихтарников**

Состав древостоя	Средний возраст	Сомкнутость кроны	Количество подроста (в тыс. экземпляров на 1 га) по породам					
			пихта	ель	кедр	береза	осина	всего
5ПЗЕ2К ед. Б . . . . .	44	1,0	—	0,1	—	—	—	0,1
5П2Е2К1Б . . . . .	66	0,9	0,5	0,8	0,1	—	—	0,9
6ПЗК1Е . . . . .	68	0,7	1,5	1,0	0,6	—	—	3,1
9П1К ед. Е . . . . .	72	0,6	6,6	1,9	1,4	0,5	—	10,4
8П1Е1К . . . . .	73	0,7	0,7	0,4	—	—	4,6	5,7
8П1Е1К ед. Б. . . . .	78	0,8	3,5	0,1	0,1	—	—	3,7
6П2Б1Е1К ед. Ос . . . . .	80	0,6	74,9	3,2	5,2	—	—	83,3
7П2Е1Ос ед. К, Б. . . . .	86	0,6	76,7	11,8	1,0	6,3	1,0	96,8
6ПЗК1Е . . . . .	124	0,7	25,4	3,1	0,8	1,2	0,7	31,2

Исключение в этом отношении представляют молодые пихтовые древостои, которые до 40—50 лет обычно имеют большую густоту и сомкнутость, большая часть поверхности почвы лишена растительности.

## Обилие подлеска, травяного и мохового покрова (по Друде)

Название растений	Количество усохших деревьев в %			
	до 10	от 10 до 30	от 30 до 80	свыше 80
Подлесок				
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Br. . . . .	sol	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>3</sub>
<i>Cornus tatarica</i> Mill. . . . .	sol	sol	sp	sp-cop <sub>1</sub>
<i>Padus racemosa</i> (Lam.) Gilib . . . . .	sol	sol	sp	sp
<i>Sorbus sibirica</i> L. . . . .	sp	sp	sol	sol
<i>Alnaster fruticosus</i> Ldb. . . . .	sol	sp	sp	—
<i>Spiraea salicifolia</i> L. . . . .	—	sp	sol	sp
<i>Sambucus racemosa</i> L. . . . .	sol	sp	sol	—
<i>Rubus idaeus</i> L. . . . .	—	sol	sol	sp
<i>Spiraea media</i> (Fr.) Schmidt . . . . .	sol	sol	sol	—
<i>Rosa acicularis</i> Lindl. . . . .	sol	—	sol	sol
<i>Viburnum opulus</i> L. . . . .	sol	sol	—	—
<i>Daphne mezereum</i> L. . . . .	sol	—	sol	—
<i>Salix sp.</i> . . . . .	—	—	sol	sol
Травяной покров				
<i>Equisetum silvaticum</i> L. . . . .	sp	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>
<i>Cacalia hastata</i> L. . . . .	sol	sol	sp	cop <sub>1</sub>
<i>Oxalis acetosella</i> L. . . . .	cop <sub>2</sub>	sol	sol	sol
<i>Aconitum volubile</i> Pall. . . . .	sol	sp	sp	sol
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. . . . .	—	sp	sp	cop <sub>1</sub>
<i>Aconitum excelsum</i> Rehb. . . . .	—	sol	sp	sp-cop <sub>1</sub>
<i>Calamagrostis Langsdorffii</i> Trin. . . . .	—	sp	sol	sp
<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm. . . . .	—	sol	sp	sp
<i>Thalictrum minus</i> L. . . . .	sp	sp	sol	—
<i>Paeonia anomala</i> L. . . . .	sol	sp	sp	—
<i>Lilium martagon</i> L. . . . .	—	sol	sp	sol
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim. . . . .	—	sol	sp	sol
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) Fr. Schmidt . . . . .	sol	sol	sol	—
<i>Caltha palustris</i> L. . . . .	sol	sol	—	sol
<i>Stellaria Bungeana</i> Fenzl. . . . .	sol	sol	—	sol
<i>Vicia cracca</i> L. . . . .	—	sol	—	sp
<i>Heracleum dissectum</i> Led. . . . .	—	—	sol	sp
<i>Rubus saxatilis</i> L. . . . .	sol-sp	sol	—	—
<i>Trientalis europaea</i> L. . . . .	sol	sol	—	—
<i>Viola mirabilis</i> L. . . . .	sol	—	sol	—
<i>Geranium pseudosibiricum</i> I. Mey . . . . .	sol	—	sol	—
<i>Galium boreale</i> L. . . . .	sol	sol	—	—
<i>Poa sibirica</i> Rosh. . . . .	sol	—	—	s—
<i>Dryopteris Linnaeana</i> Christ. . . . .	sol	—	—	sol
<i>Aquilegia sibirica</i> Lam. . . . .	sol	—	sol	—
<i>Linnaea borealis</i> Gronov. . . . .	sol	—	sol	—
<i>Athyrium crenatum</i> (Sommerf.) Rupr. . . . .	sol	—	—	—
<i>Pirola rotundifolia</i> L. . . . .	sol	—	—	—
Моховой покров				
<i>Rhytidadelphus triquetrus</i> (L.) Wanrst. . . . .	cop <sub>1</sub>	cop <sub>1</sub>	sp	—
<i>Pleurozium Schreberi</i> (Willd.) Mitt . . . . .	cop <sub>1</sub>	sol	—	sol
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (L.) De Not. . . . .	sol	sp	sol	—
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Br. et Sch . . . . .	sp	sol	—	—
<i>Polytrichum commune</i> L. . . . .	—	sol	—	sol
<i>Cladonia sylvatica</i> (L.) Hoffm. . . . .	sol	sol	—	—
<i>Rhytidium rugoum</i> (Hedw.) Lindb. . . . .	sol	—	—	—
<i>Dicranum undulatum</i> Ehrh. . . . .	sol	—	—	—
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd. . . . .	sol	—	—	—
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach. . . . .	—	sol	—	—
<i>Mnium sp.</i> . . . . .	—	sol	—	—

В густых молодняках подрост темнохвойных пород весьма ограничен, отличается плохим ростом и к 5—10 годам полностью погибает.

В пихтарниках старшего возраста, при постепенном изреживании древостоев, условия освещенности заметно улучшаются, однако подлесок и травяной покров не достигают еще мощного развития. Последнее обстоятельство благоприятствует массовому появлению угнетенного подраста пихты с примесью ели, кедра, березы и осины. При образовании в пологе насаждения просветов и прогалин в результате отпада старых деревьев подрост темнохвойных пород заметно улучшает рост и со временем достигает высоты верхнего полога. Таким образом, обновление пихтовых древостоев идет хотя и медленно, но непрерывно, образуются насаждения с переходами от подраста до самых старых деревьев.

Восстановительные процессы в спелых пойменных пихтовых лесах протекают неодинаково в зависимости от степени повреждения шелкопрядом. Решающее влияние на возобновление оказывают подлесок, травяной и моховой покров, развитие которых тесно связано с изменениями в древесном пологе (табл. 2 и 3).

Таблица 3

## Обилие подлеска, травяного и мохового покрова (по Друде)

Ярусы леса	Количество усохших деревьев, шт.			
	до 10	10—30	30—80	свыше 80
Подлесок . . . . .	—	0,3	0,5	0,9
Травяной покров . . . .	0,3	0,4	0,5	0,3
Моховой покров . . . .	0,5	0,3	—	—

При незначительных повреждениях древостоев, когда усыхает не более 10% деревьев, изменения в подлеске и живом напочвенном покрове несущественны, и восстановительные процессы здесь протекают так же, как в нетронутых вредителями пихтарниках.

Усыхание до 30% деревьев хотя и увеличивает густоту подлеска и травяного покрова, однако не препятствует развитию подраста темнохвойных пород под пологом леса. От заглушения погибает незначительное количество подраста (не более 10—15% общего количества), оказавшегося в прогалинах с густым подлеском. Восстановление насаждений естественным путем произойдет в ближайшие десятилетия.

Гибель 70—80% деревьев вызывает резкое изменение световой обстановки под материнским пологом. В образовавшихся окнах и прогалинах начинает буйно разрастаться травяной покров и подлесок, в котором господствует рябинник рябинолистный. Подрост в большинстве своем усыхает, небольшое количество его сохраняется на валежнике, старых пнях и под группами уцелевших деревьев. Естественное возобновление происходит очень медленно за счет расселения подраста вблизи деревьев, где подлесок и травяной покров менее развиты.

В полностью погибших пихтарниках образуются очень густые, труднопроходимые заросли рябинника и дерна татарского с участием других кустарников. При этом прирост, уцелевший от шелкопряда, полностью гибнет. Последующее естественное возобновление на таких участках без активного вмешательства человека исключено, и они переходят в категорию пустырей.

## К ВОПРОСУ О ЛЕСОВОДСТВЕННОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ НА КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЫРУБКАХ

Г. Г. МГЕБРОВ

Старший научный сотрудник

(Татарская лесная опытная станция)

В контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. указывается на необходимость восстановления главных пород на месте вырубаемых насаждений и улучшения качественного состава лесов. Однако на обширных пространствах лесной зоны, особенно в малонаселенных районах, при проведении лесовосстановительных работ возникают значительные трудности, связанные, в частности, с большими затратами рабочей силы на подготовку почвы и агротехнический уход.

Одним из главнейших мероприятий, резко снижающих затраты труда, является механизация лесокультурных работ, в первую очередь механизация обработки почвы, которая должна обеспечивать не только благоприятные условия для посадки сеянцев или посева семян, но и максимально облегчать последующие работы по уходу. В то же время не должны ухудшаться приживаемость и рост культур.

В целях выявления сравнительной лесоводственной и экономической оценки различных способов механизированной подготовки почвы Татарской лесной опытной станцией в содружестве с управлением лесного хозяйства Марийской АССР в 1955 г. было заложено четыре опытно-производственных участка с культурами сосны общей площадью 9 га\*. Опытно-производственные культуры созданы на концентрированных нераскорчеванных вырубках в трех типах леса: сосняке брусничниковом, сосняке черничниковом и сосняке липовом. Почвы во всех случаях рыхлопесчаные, на глубоких древне-аллювиальных песках, причем в сосняке-брусничнике почва слабоподзолистая, в сосняке-черничнике сильноподзолистая, а в сосняке сложном (липовом) среднеподзолистая, подстилаемая на глубине 53 см слоем суглинка. Почвенные разности установлены на основании морфологических описаний почвенных разрезов и лабораторных анализов взятых образцов.

\* Большую помощь в этих работах оказали б. начальник управления лесного хозяйства Ш. А. Бахтиозин и директор лесхоза Мушмари Н. К. Костромин. В сборе полевых материалов и их обработке принимала участие техник Татарской ЛОС В. И. Христофорова.

Лесосеки, на которых поставлены опыты, были разработаны механизированным способом в зимнее время. Огневая очистка мест рубок проведена ранней весной. В сосняках брусничниковых и черничниковых на одном гектаре в среднем насчитывается 380—450 пней со средним диаметром 32—36 см, а в сосняке липовом 570 пней со средним диаметром 27 см.

Почва обрабатывалась плугом ПЛ-70 и корчевателем-собирателем Д-210-В. Плугом ПЛ-70 на тяге тракторов СТЗ, ХТЗ, НАТИ и КТ-12 (на жидком топливе) нарезались борозды. (Этот плуг еще имеется во многих лесхозах и с его помощью создаются для сеянцев такие же условия, как внедряемым взамен него плугом ПКЛ-70). Среднее расстояние между осями борозд на разных участках, в зависимости от количества пней и квалификации трактористов, колебалось от 2,1 до 3,2 м. Глубина обработки составляла 18—22 см. Вследствие крупнопесчаного механического состава почвы дно борозд почти не уплотнялось.

Корчевателем-собирателем, навешенным на трактор С-80, почва обрабатывалась площадками примерно по 2,2—2,5 м<sup>2</sup>. Это орудие своими зубьями частично взрыхляло почву на глубину 12—15 см, а частично удаляло верхний ее горизонт, сгребая к одному концу площадки пологий холмик максимальной высотой 0,3 м. После прохода агрегата площадки выравнивались вручную, с затратой на каждый гектар двух человеко-дней. По ходу движения корчевателя крупные пни выкорчевывались. Площадки находились одна от другой на расстоянии 3,2—3,5 м (по их центрам). На 1 га насчитывалось по 880—900 площадок.

Почва подготовлялась также бороздами, нарезаемыми плугами ПЛ-35 и К-2 (лесхоз Мушмари), со средними расстояниями 2,0—2,2 м. Глубина обработки 8—12 см.

Для контроля производилась перештыковка почвы мелкими площадками 0,5 × 0,5 м, то есть обычно принятым в лесхозах способом, характерным для рядовых культур. Расстояния между центрами площадок равнялись в рядах 1,0—1,1 м, между рядами 1,0—1,3 м. В зависимости от этих расстояний количество площадок на разных участках колебалось от 7,0 до 9,2 тыс. на 1 га. Другим вариантом подготовки почвы вручную были крупные площадки размером около 1,5 × 1,5 м (площадью 2,0—2,3 м<sup>2</sup>), с размещением их 3,0 × 3,2—3,4 м (по центрам). На гектаре насчитывалось 890—910 таких площадок.

Размер минерализованной поверхности почвы при разных способах подготовки был неодинаков: наибольший (43—45%) при тракторной плужной обработке, наименьший (17—18%) при ручной площадками по 0,25 м<sup>2</sup>.

В ту же весну на дно плужных борозд были высажены сеянцы сосны через 0,5—0,65 м один от другого. В середину крупных площадок высаживалось по 9 сеянцев (с размещением 30 × 30 см), а в мелкие — по одному. Количество посаженных сеянцев в различных вариантах колебалось от 6 до 9 тыс. на 1 га.

В табл. 1 (в переводе на 1 га) приводится лесоводственная характеристика трехлетних опытно-производственных культур сосны на участках с наибольшим количеством вариантов по подготовке почвы, созданных на вырубках 1953 г. в лесхозе Мушмари в сосняках брусничниковом и липовом. В процессе выращивания этих культур осуществлялся агротехнический уход, причем в первое лето он проводился по потребности (недостаточный уход был лишь в деланке с мелкими площадками в сосняке-брусничнике).

В течение всего первого вегетационного периода в плужных тракторных бороздах и в площадках, взрыхленных корчевателем-собира-

Таблица 1

Способ подготовки почвы	Площадь минерализованной почвы в %	Количество уходов по годам			Посаженных мест без травы в 1957 г. в %	Количество сосен			Средние размеры сосен в 1957 г., см		
		1955		1957		посажено, тыс. штук	сохранялось в %		высота	прирост	диаметр кроны
		1955	1956	1957			1955	1957			
Плугом ПЛ-70 . . . . .	45	0	0	1	65	6,5	86	80	29	16	23
Корчевателем-собирателем . . . . .	20	0	0	1	100	8,1	88	79	30	14	25
Конным плугом . . . . .	19	2	0	1	20	8,7	83	70	30	12	24
Площадками по 2,2 м <sup>2</sup> . . . . .	23	2	0	1	85	8,8	72	47	33	14	26
Площадками по 0,25 м <sup>2</sup> . . . . .	18	2	0	1	—	7,0	65	35	29	13	22
Сосняк брусничниковый											
Сосняк липовый											
Плугом ПЛ-70 . . . . .	43	1	1	0	30	6,0	79	56	31	16	18
Корчевателем-собирателем . . . . .	19	0	1	0	50	8,1	80	65	36	18	26
Площадками по 2,2 м <sup>2</sup> . . . . .	22	3	1	0	40	8,7	77	53	32	16	20
Площадками по 0,25 м <sup>2</sup> . . . . .	17	5	1	0	0	7,0	66	46	32	15	20

телем, травы не было совершенно. Она начала появляться в небольшом количестве со второго года. В сосняке-брусничнике к концу третьего лета, несмотря на малое число уходов, в тракторных бороздах до двух третей посадочных мест были свободными от травы, а площадки, сделанные корчевателем-собирателем, совершенно не заросли травой. Мелкие же посадочные места, недостаточно обеспеченные за этот период уходом, к осени 1957 г. все были почти сплошь покрыты травой (со средней и сильной степенью зарастания). На площадках  $1,5 \times 1,5$  м, подготовленных вручную, трава появилась преимущественно в периферийных частях. В бороздах встречались вейник, редко орляк обыкновенный, брусника, на мелких площадках преимущественно вейник наземный.

В условиях сосняка липового в плужных тракторных бороздах двух уходов за трехлетний период оказалось мало, и к концу 1957 г. на них появился вейник наземный, реже иван-чай, еще реже орляк обыкновенный, костяника, земляника. Разросшийся на опрокинутых пластах травяной покров на микропонижениях вызвал излишнее боковое затенение сосенок. В других вариантах трава встречалась также чаще, чем в сосняке брусничниковом. Однако количество посадочных мест, свободных от травы, при механизированной обработке почвы и здесь было гораздо больше, чем при ручной.

Неодинаковые условия увлажнения и различное развитие травянистой растительности при разных способах подготовки почвы отразились на приживаемости и дальнейшей сохранности культур. Из табл. 1 видно, что приживаемость семян при механизированных способах обработки почвы была выше, чем при перештыковке мелкими площадками. При этом, чем меньше было уходов на делянках с ручной подготовкой почвы, тем эта разница была больше. Приживаемость культур в плужных конных бороздах и на площадках  $1,5 \times 1,5$  м занимает среднее положение между приживаемостью при механизированной подготовке почвы и при ручной обработке площадками  $0,5 \times 0,5$  м. Отпад культур в последующие два года опять-таки наименьший в вариантах с подготовкой почвы механизмами, а наибольший — в мелких посадочных местах. Отсюда следует, что при механизированной подготовке почвы приживаемость и сохранность культур не меньше, чем при ручной.

На росте и развитии сосенок в первые годы преимущество механизированной обработки почвы отразилось менее резко. Высота сосенок, пророст за 1957 г., диаметр шейки корня и диаметр проекции кроны в отдельных вариантах различаются незначительно. Отсюда приходим к выводу, что механизированная подготовка почвы в сосняках брусничниковых и липовых в первый период не ухудшает условий роста. Это подтверждается и некоторыми исследованиями почвы в сосняке-брусничнике. Например, содержание гумуса в почве на глубине 15—20 см от шейки корня саженцев при плужной тракторной обработке равнялось 0,6%, при подготовке почвы корчевателем-собирателем 1,0% и при ручной подготовке 0,4%, гидролитическая кислотность соответственно была 1,17; 0,47 и 1,51 мг-экв. При подготовке почвы плугом ПЛ-70 вместе с тонким гумусовым горизонтом удалялся и подзолистый горизонт. Корневые системы сеянцев оказались в иллювиальном горизонте, более обогащенном по сравнению с горизонтом  $A_2$ . При ручной же подготовке почвы основная масса корневой системы оказалась в подзолистом горизонте, и только частично — в верхней части горизонта В.

Не менее важной является экономическая оценка испытанных способов культур, приведенная в табл. 2. При исчислении прямых трудовых и денежных затрат нами учтены все расходы, связанные с выращи-

Таблица 2

Способ подготовки почвы	Количество машин-смен и копее-дней	Трудовые затраты				Денежные затраты				
		подготовка почвы		посадка, чел.-дней	уходы, чел.-дней	итого	подготовка почвы	общая сумма	руб.	%
		чел.-дней	%							
		чел.-дней	%	чел.-дней	%	чел.-дней	%	руб.	%	
<b>Сосняк брусничниковый</b>										
Плугом ПЛ-70 . . . . .	0,13	0,3	1,4	6,4	1,4	8,1	25	16	151	34
Корчевателем-собирателем . . . . .	0,53	3,1	15	6,5	1,1	10,7	33	97	244	56
Койным плугом . . . . .	0,8	0,8	4	8,7	4,0	13,5	42	23	235	54
Площадками по 2,2 м <sup>2</sup> . . . . .	—	17,1	85	7,1	2,3	27,0	84	217	390	89
Площадками по 0,25 м <sup>2</sup> . . . . .	—	20,6	100	7,0	4,4	32,0	100	254	438	100
<b>Сосняк липовый</b>										
Плугом ПЛ-70 . . . . .	0,13	0,3	1,5	5,7	2,7	8,7	23	16	155	31
Корчевателем-собирателем . . . . .	0,51	3,0	15	6,6	1,1	10,7	28	93	240	50
Площадками по 2,2 м <sup>2</sup> . . . . .	—	17,5	85	7,1	5,6	30,2	80	216	427	89
Площадками по 0,25 м <sup>2</sup> . . . . .	—	20,5	100	7,0	10,4	37,9	100	224	479	100

ванием трехлетних культур, включая стоимость посадочного материала, машиносмен, коне-дней и различные виды зарплаты с начислениями.

Из табл. 2 видно, что по сравнению с ручной подготовкой почвы мелкими площадками затраты труда на обработку 1 га плугом ПЛ-70 сокращаются в 69 раз, а корчевателем-собирателем в 7 раз. Весьма значительно (в 25 раз) снижаются затраты человеческого труда и при конной подготовке почвы. На устройство вручную площадок  $1,5 \times 1,5$  м трудовые затраты оказались на 15% меньше, чем в рядовых культурах. Механизированная подготовка почвы на каждом гектаре высвободила по 18—20 человеко-дней. Использование плуга ПЛ-70 и корчевателя-собирателя сократило применение рабочей силы и на уходах.

Общие трудовые затраты на выращивание трехлетних культур при механизированных способах подготовки почвы составили только 23—33% затрат на культуры, в которых все работы выполнялись вручную. Таким образом, использование тракторных двухотвальных плугов и корчевателей-собирателей сокращает затраты труда не только на подготовку почвы, но и на уход, а, следовательно, и на выращивание культур в целом. Применение на подготовке почвы механизмов уменьшает и денежные расходы. Обработка почвы обычным, принятым в лесхозах, ручным способом обошлась в 224—254 руб. на 1 га, корчевателем-собирателем 93—97 руб., конным одноотвальным плугом — 23 руб., тракторным плугом ПЛ-70 только 16 руб. Расчеты показывают, что при работе на дизельных тракторах стоимость механизированной обработки почвы может быть снижена еще больше.

Вследствие удешевления подготовки почвы и сокращения числа уходов, при тракторной обработке почвы уменьшается и общая стоимость выращивания культур. При плужной обработке она составила 31—34% стоимости всех работ в культурах с ручной подготовкой почвы, при использовании корчевателя-собирателя 50—56%.

Абсолютные цифры образовавшейся экономии денежных средств в вариантах с подготовкой почвы плугом ПЛ-70 выразились в 287—324 руб. на 1 га, а корчевателем-собирателем 194—239 руб. Приведенные цифры закономерно подводят еще к одному выводу: механизация только одной подготовки почвы резко снижает общую стоимость расходов на выращивание культур в течение трехлетнего периода.

Таким образом, механизированная подготовка почвы обеспечивает значительно более высокую лесоводственную и экономическую эффективность всего процесса выращивания культур, по сравнению с ручной и конной обработками почвы. К принципиально аналогичным выводам мы пришли и в результате анализа экспериментального материала на двух других опытных участках, из которых один был создан в сосняке черничниковом (Мадарский лесхоз), а второй в сосняке бруснично-зеленомошниковом (Кокшайский лесхоз).

Проведенные работы позволяют рекомендовать для подготовки почвы наряду с плугами ПЛ-70 и ПКЛ-70 и имеющиеся в ряде лесхозов и леспромхозов корчеватели-собиратели. Последнее целесообразнее использовать в сосняках черничниковых и сложных, в которых хорошо обеспечивается естественное возобновление листовыми породами между площадками.

Изложенные рекомендации могут быть распространены на сосновые леса восточной части подзоны хвойно-широколиственных лесов, в условиях местопроизрастания, аналогичных исследованным.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ БОРОНЫ БДТ-2,2 НА ЛЕСНЫХ РАБОТАХ

**Д. И. ДЕРЯВИН**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Татарская лесная опытная станция)

В лесном хозяйстве к числу наиболее тяжелых и трудоемких работ относится подготовка почвы под культуры на вырубках и при реконструкции малоценных молодняков, минерализация почвы при содействии естественному возобновлению на просеках, на противопожарных полосах, при опашке культур и молодняков. Для этих работ специальных машин и орудий в лесхозах пока нет, поэтому все операции чаще всего производятся вручную, реже — с помощью плугов общего назначения, не обеспечивающих должного состояния территории.

В качестве основного почвообрабатывающего орудия в наших опытно-производственных работах была испытана тяжелая дисковая борона БДТ-2,2. При условии некоторых изменений в установке рабочих органов в зависимости от особенностей работы в лесу, эта борона самостоятельно или в комплексе с другими механизмами во многих случаях обеспечивает высокое качество обработки почвы полосами шириной 1,4—1,8—2,2 м. Борона БДТ-2,2 не находит должного применения в лесхозах только потому, что в лесохозяйственных справочниках\* и в литературе она рекомендуется только для обработки поднятых плугами пластов после вычесывания и уборки корневищ.

### *Особенности устройства и приспособления бороны БДТ-2,2 для лесных работ*

Борона БДТ-2,2 состоит из двух секций с двумя батареями в каждой. Одна из секций работает всвал, другая — вразвал. При полном комплекте, по пять дисков на батарее, ширина одновременно обрабатываемой полосы в обычных условиях составляет 2,2 м. Однако собранную полностью борону БДТ-2,2 можно использовать только на открытых площадях при сплошной обработке почвы после вспашки, то есть при особенно благоприятной обстановке, которая в лесхозах встречается очень редко.

При работе на вырубках и под пологом леса следует использовать одновременно только одну из секций с двумя батареями, работающую

\* Машины и орудия для лесохозяйственных работ. МСХ СССР, 1958.



Рис. 1. Работа бороны БДТ-2,2 с одной секцией всвал при снятых крайних дисках (по одному с каждой батарее). Ширина полосы 1,8 м. Васильевское лесничество Тат. АССР.

всвал или вразвал в зависимости от профиля обработанной полосы. В этом случае обеспечивается высокая эффективность бороны, качество обработки почвы и увеличивается маневренность трактора.

Для увеличения нагрузки на диск и повышения проходимости бороны, особенно при работе с малогабаритными тракторами (ДТ-54, КД-35, КДП-35, СТЗ и АТЗ-НАТИ и т. п.), с каждой из батарей снимаются один-два крайних диска с внешних концов осей. Без двух дисков обрабатывается полоса шириной 1,8 м (рис. 1), без четырех — 1,4 м. При подготовке незадернелых песчаных почв оближенными полосами на открытых площадях можно снимать один-два диска на батарее с внутренних концов осей. Для работы со снятыми дисками целесообразно изготовить для каждой батареи сменные запасные оси, укороченные на длину одной распорной междудисковой втулки. Проходимость бороны с укороченными осями увеличивается, а возможность зацепления концами осей за деревья и высокие пни исключается.

На вырубках, где предполагается подготовка почвы бороной БДТ-2,2 без корчевания пней и вспашки — прежде всего на песчаных, супесчаных и легкосуглинистых незадернелых разностях — при разработке лесосек необходимо оставлять низкие пни. В таких случаях густота сети обработанных полос может быть очень высокой. На сильно задернелых супесчаных и суглинистых почвах борону БДТ-2,2 необходимо применять в комплексе с другими почвообрабатывающими орудиями, как будет указано ниже.

#### *Технология основных работ с применением бороны БДТ-2,2*

Минерализация противопожарных полос и содействие естественному возобновлению. Для этого вида работ используется одна секция, чаще работающая всвал, на каждой батарее которой с внешних концов оси сняты один-два крайних диска.

При работе на просеках с песчаными и супесчаными почвами ширину обрабатываемой полосы рекомендуется принимать 1,8 м (снимается по одному диску с батареей). Хорошая минерализация песчаных и супесчаных почв обеспечивается при обработке на глубину до 20—25 см, что достигается, как правило, за один проход агрегата. Просеки сохраняются проезжими для всех видов транспорта, что в хвойных насаждениях на участках, опасных в пожарном отношении, очень важно. С учетом состояния почвы угол атаки дисков устанавливается возможно большим, обеспечивающим рыхление почвы с оборотом пласта. Средняя производительность в агрегате с трактором ДТ-54 на первой и второй передачах за восьмичасовую машино-смену составляет 25 км полосы. Потребность в рабочих при этом способе обработки (по сравнению с конной) сокращается в десять раз. На широких просеках с задерновыми песчаными и супесчаными почвами можно использовать в одном агрегате обе секции без одного-двух крайних дисков на каждой батарее.

При минерализации противопожарных полос вдоль лесных дорог, при опашке молодняков и при содействии естественному возобновлению достаточно ширины полосы в 1,4 м. На песчаных и супесчаных разностях хорошая минерализация почвы обеспечивается на такой полосе, как правило, за один проход агрегата с одной секцией бороны БДТ-2,2 без двух крайних дисков на батарее. Применение запасных укороченных осей в таких случаях особенно желательно. При опашке ценных культур и молодняков на особенно опасных в пожарном отношении участках дорог с интенсивным движением, когда трасса недостаточна для минерализации полос по обочинам, также рекомендуется вырубать деревья на полосах шириной 2,5 м для прохода тракторов с борной и устраивать постоянные полосы на длительное время. Средняя производительность бороны в агрегате с трактором ДТ-54 за восьмичасовую машино-смену составляет 20 км полосы. Потребность в рабочих в этом случае в восемь раз меньше, чем при конной обработке.

Подготовка почвы на вырубках. На свежих вырубках подготовку песчаных, супесчаных и легкосуглинистых незадернованных почв под посев и посадку леса с помощью бороны БДТ-2,2 целесообразнее производить полосами шириной 1,4 м без корчевания пней и предварительной вспашки. С этой целью лучше всего использовать одну работающую всвал секцию без двух внешних дисков на батарее и с укороченными сменными запасными осями.

На всех задернованных почвах, особенно на суглинистых и глинистых при выращивании хвойных и твердолиственных коридорным способом на свежих вырубках с преобладанием пней мягколиственных пород, рекомендуется применять борону в комплексе с корчевателем-собирателем Д-210В. Первым проходом корчевателя выкорчевывают пни на полосах шириной 2,5 м, а вторым и третьим проходом корчевателя с полуопущенными зубцами вычесывают корни и рыхлят дернину на полосе 1,5 м (по ширине захвата зубцов). Очень толстые пни корчевать не следует. Расширенную полосу окончательно обрабатывают за один-два прохода одной, работающей всвал, секцией бороны БДТ-2,2, сняв с батареей два внешних диска. В этом случае ширина захвата рабочих органов корчевателя и бороны одинакова. Работа упрощается при замене основных осей укороченными. Посадочные и посевные места главных ценных пород на обработанных полосах шириной 1,4 м предпочтительнее размещать через 0,5 м в один ряд для облегчения последующего ухода за почвой и насаждениями. При размещении таких полос через 6 м их общая протяженность на 1 га составит 1660 м при количестве 3320 посадочных и посевных мест. Работы по расчистке территории от пней и под-

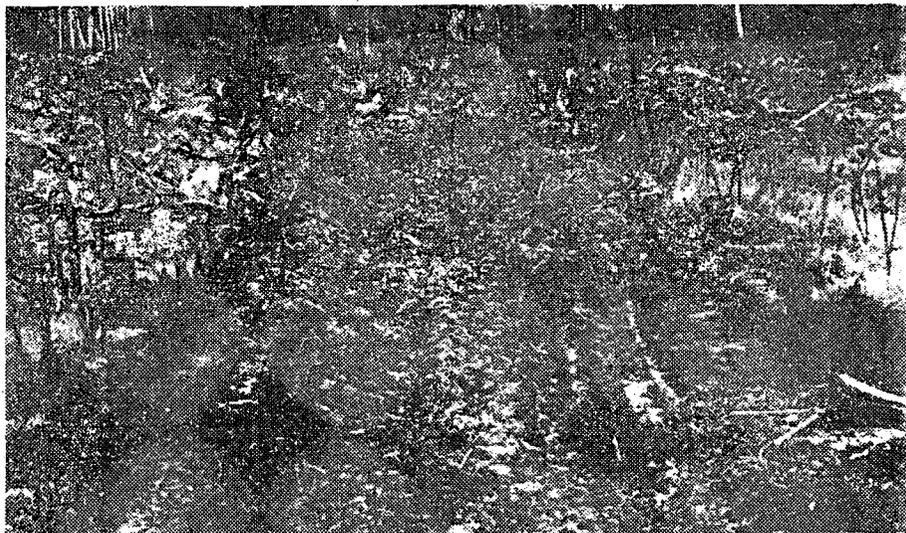


Рис. 2. Полосы шириной 1,4 м, расчищенные от пней, осинового мелколесья и корней корчевателем-собирателем Д-210В и обработанной всвал секцией бороны БДТ-2,2 без двух крайних дисков на батарее. Вид через 3½ месяца после обработки. Квартал 23 Васильевского лесничества Тат. АССР.



Рис. 3. Полоса шириной 1,4 м, после расчистки коридоров от малоценных пород кусторезом Д-174Б, вычесывания корней и рыхления дернины корчевателем-собирателем Д-210В и предпосадочной обработки за один проход работающей всвал секцией бороны БДТ-2,2 без двух крайних дисков на батарее. Квартал 18 Краснооктябрьского лесничества Тат. АССР.

готовке почвы при таком способе снижаются до минимума. Равномерное распределение ценных пород по площади при высокой густоте посадки или посева в рядах обеспечивает успешное выращивание и формирование насаждений с преобладанием этих пород в составе основного полога к возрасту главной рубки. Производительность по всему комплексу работ за восьмичасовую машино-смену равняется 1,2 км полностью подготовленной полосы. Потребность в рабочих сокращается в 27 раз.

На возобновившихся малоценными порослево-отпрысковыми породами вырубках, где пни в значительной степени разложились и мелколесье имеет высоту 2—3 м, первым проходом корчеватель-собираатель Д-210В выкорчевывает пни на полосах шириной 2,5 м; при втором и третьем проходах корчеватель с полупущенными зубцами вычесывает мелколесье, корни и рыхлит дернину на полосах шириной 1,5 м; расчищенные от корней полосы окончательно обрабатываются за один-два прохода работающей всвал секции бороны БДТ-2,2 без двух внешних дисков на батарее (рис. 4). Производительность по всему комплексу работ за восьмичасовую машино-смену составляет 1,5 км полностью расчищенного и обработанного коридора. Потребность в рабочих сокращается в 35 раз.

Если пни на вырубках сгнили и их мало, а малоценные породы имеют возраст 7—12 лет, то по провешенным через 6—7 м визирам проходит кусторез Д-174Б, который расчищает коридоры шириной 3,6 м. Затем, за один-два прохода корчевателя-собираателя Д-210В с полупущенными зубцами в коридорах вычесываются корни и рыхлится дернина на полосах шириной 1,5 м; расчищенные от корней полосы окончательно обрабатываются за один-два прохода работающей всвал секции БДТ-2,2 без двух внешних дисков на каждой батарее (рис. 3). Производительность по всему комплексу работ за восьмичасовую машиную смену равняется 2,1 км полностью расчищенного и обработанного коридора. Потребность в рабочих сокращается в 27 раз.

Как и при обработке почвы под культуры на свежих вырубках, при реконструкции молодняков посадочные и посевные места с главными ценными породами на полосах шириной 1,4 м рекомендуется размещать через 0,5 м в один ряд для простоты последующего ухода и обеспечения формирования насаждения с преобладанием в составе хозяйственно-ценных пород к возрасту главной рубки.

Приспособление и использование бороны БДТ-2,2 позволит лесхозам перейти на механизацию самых трудоемких работ в более широких масштабах, не дожидаясь выпуска специализированных машин и орудий.

Поступила в редакцию  
18 февраля 1959 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

О РАСЧЕТЕ РЕЛЬСОВ И ЛЕЖНЕЙ  
УЗКОКОЛЕЙНЫХ ПУТЕЙ

Т. А. ГУРЬЕВ

Ассистент

В. В. ЩЕЛКУНОВ

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Для расчета элементов верхнего строения лесовозных узкоколейных путей, уложенных на продольные лежни, нами [2] предложен метод, в котором приняты следующие предпосылки:

а) рельс, как четырехпролетная балка, опирающаяся на пять опор (шпал); внешняя нагрузка приложена на средней опоре (первая расчетная схема, рис. 1, а);

б) рельс, как пятипролетная балка, опирающаяся на шесть опор; внешняя нагрузка приложена на среднем пролете (вторая расчетная схема, рис. 1, б);

в) шпалы, как абсолютно жесткие опоры, уложенные на балку, параллельную рельсу, и на грунт не опирающиеся;

г) продольные лежни считаются бесконечно длинными балками, лежащими на упругом основании, удовлетворяющем модели Винклера;

д) деформации рельса, шпал и лежня на опорах одинаковы; шпалы и лежни друг с другом не скреплены.

Эксперименты по определению просадок рельса при действии одиночной силы и системы грузов показали, что предлагаемый метод расчета правильно отражает фактическую работу пути.

В настоящей статье рассматриваются изгибающие моменты и напряжения, возникающие в рельсах и лежнях.

При определении изгибающего момента в рельсе по предлагаемому методу рассматриваем рельс как балку на упругооседающих опорах.

Согласно работе Ш. Е. Микеладзе [3] имеем

$$\frac{M_p}{Pl} = \sum N_v n_v,$$

где  $M$  — изгибающий момент в рельсе;

$P$  — внешняя нагрузка;

$l$  — расстояние между шпалами;

$N_v$  — сосредоточенная сила (реакция опор), приложенная левее рассматриваемого сечения;

$n_v$  — количество пролетов между силой и рассматриваемым сечением.

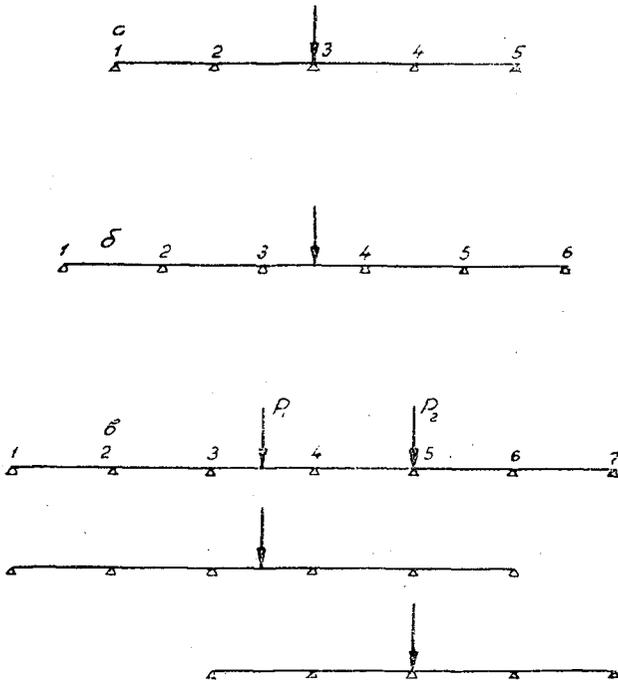


Рис. 1.

Изгибающий момент в продольных лежнях рассчитывается как для балки, лежащей на сплошном равноупругом основании, то есть

$$\frac{M_{\text{л}}}{Pl} = \frac{1}{4kl} \Sigma \mu R,$$

где  $kl = \frac{k_{\text{р}} l}{\sqrt[4]{\alpha}}$ .

В формулах обозначено:

- $k$  — коэффициент относительной жесткости лежня и основания;
- $k_{\text{р}}$  — коэффициент относительной жесткости рельса и основания;
- $\alpha = \frac{E_{\text{л}} I_{\text{л}}}{EI}$  — отношение жесткости лежня к жесткости рельса;
- $M_{\text{л}}$  — изгибающий момент в лежне;
- $\mu = e^{-kx} (\cos kx - \sin kx)$ ,  $x = n_v l$ .

Если рассчитывать рельс и лежень как составную балку на упругом основании, то соответствующие формулы будут:

$$\frac{M}{Pl} = \frac{\Sigma M}{4k_1 l},$$

- где  $M$  — суммарный изгибающий момент в рельсе и лежне;
- $k_1$  — коэффициент относительной жесткости составной балки и основания, равный

$$k_1 = \frac{k_{\text{р}}}{\sqrt[4]{1 + \alpha}},$$

Следовательно,  $\frac{M}{Pl} = \frac{\sqrt[4]{1 + \alpha}}{4k_{\text{р}} l} \Sigma \mu.$

Изгибающий момент, приходящийся на рельс:

$$M_p = \frac{M}{1 + \alpha}$$

Изгибающий момент в лежне  $M_l = M - M_p$ .

Ниже рассчитаны изгибающие моменты в рельсе и лежне различными методами для конкретных условий.

Таблица 1

Метод расчета	$\alpha = 0,5$			$\alpha = 1,0$		
	$\frac{M_p}{Pl}$	$\frac{M_l}{Pl}$	сумма	$\frac{M_p}{Pl}$	$\frac{M_l}{Pl}$	сумма
Первая расчетная схема	0,3735	0,2040	0,5775	0,2975	0,3160	0,6135
Вторая расчетная схема	0,4515	0,1270	0,5785	0,3987	0,1921	0,5908
По методу составной балки	0,3690	0,1850	0,5540	0,2975	0,2975	0,5950
Расхождение в %	+22,5	+11%	—	+34%	+6%	—

В табл. 1 приведены значения наибольших изгибающих моментов в рельсах и лежнях, отнесенные к  $Pl$ , для  $k_p l = 0,5$  и различных значений  $\alpha$ .

Используя принцип независимости действия сил, вычислим изгибающие моменты в рельсах и лежнях для системы сил.

В табл. 2 указаны вычисленные значения моментов для  $k_p l = 0,5$ ,  $\alpha = 0,5$  и действия системы сил согласно рис. 1, в.

Таблица 2

Расчетные точки	$\frac{M_p}{Pl}$	$\frac{M_l}{Pl}$	$\frac{1}{Pl} = M_p + M_l$
По предлагаемому методу расчета			
Под силой 1	0,5094	0,1465	0,6559
На шпале между силами	0,3173	0,2340	0,5513
Под силой 2	0,4157	0,2415	0,6572
По методу составной балки			
Под силами 1 и 2	0,398	0,198	0,596
Под шпалой между силами	0,334	0,167	0,500
Расхождение максимального изгибающего момента в %	27,5%	22%	—

На основании расчетов как при действии одиночной силы, так и системы сил можно сделать выводы:

а) при действии одиночных сил суммарная величина моментов как по предлагаемому способу, так и при расчете рельса и лежня как составной балки практически одинакова, а распределение моментов между рельсом и лежнями зависит не только от соотношения их жесткости, но и от расположения внешней нагрузки;

б) при действии системы сил сумма моментов в рельсе и лежне, определенных по предлагаемому методу, больше, чем при расчете их как составной балки;

в) максимальный изгибающий момент в рельсе возникает при расположении внешней нагрузки между шпалами;

г) максимальный изгибающий момент в лежне наблюдается при расположении нагрузки над опорами;

д) расчет рельса и лежня как составной балки приводит к значительным ошибкам и не должен применяться.

На рис. 2 представлено изменение изгибающих моментов, возникающих в рельсе при действии системы сил в виде двухосной тележки (расстояние между осями 102 см), для  $k_p = 0,01$  и различных значений  $l$  и  $\alpha$ .

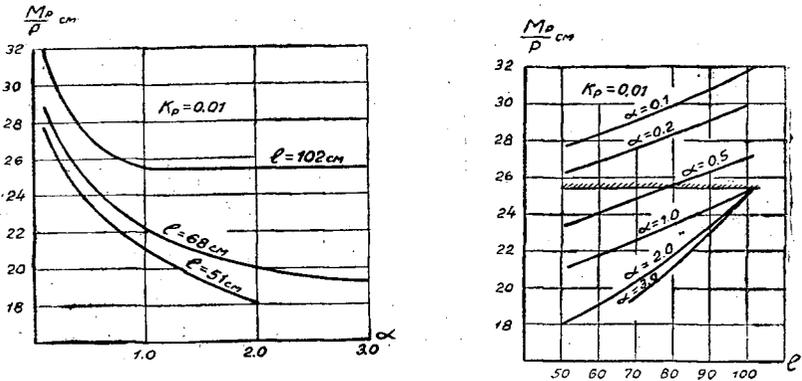


Рис. 2.

Так как на временных путях укладываются ранее использованные рельсы, то согласно работе И. П. Граве [1], допускаемое напряжение на изгиб при действии статической нагрузки может быть принято равным  $1000 \text{ кг/см}^2$ .

При нагрузке на колесо  $P = 2,0 \text{ т}$  и рельсах типа Р 18 имеем

$$\frac{M_p^{\text{доп}}}{P} = \frac{\sigma \cdot W}{P} = \frac{1000 \cdot 51}{2000} = 25,5,$$

где  $M_p^{\text{доп}}$  — допускаемый изгибающий момент рельса,  $\text{кг} \cdot \text{см}$ ;

$\sigma$  — допускаемое напряжение на изгиб,  $\text{кг/см}^2$ ;

$W$  — момент сопротивления рельса,  $\text{см}^3$ .

Графики на рис. 2 показывают, что, исходя из допустимого напряжения в рельсе для принятого значения  $k_p$ , типа рельса и величины нагрузки, лежни с жесткостью меньшей половины жесткости рельса применять нельзя. При больших жесткостях лежней максимальное расстояние между шпалами равно

$\alpha$	$l_{\text{max}}, \text{см}$
0,5	78,5
1 и более	102,0

На рис. 3 представлена зависимость  $\frac{M_l}{P} = f(l, \alpha)$  для указанных выше исходных данных:

Допускаемая величина  $\frac{M_l}{P}$  равна:

при укладке под рельс двух лежней

$$\frac{M_l^{\text{доп}}}{P} = \frac{670 \sqrt[4]{\alpha^3} \sigma_l}{P}, \frac{\text{см}}{\text{кг}};$$

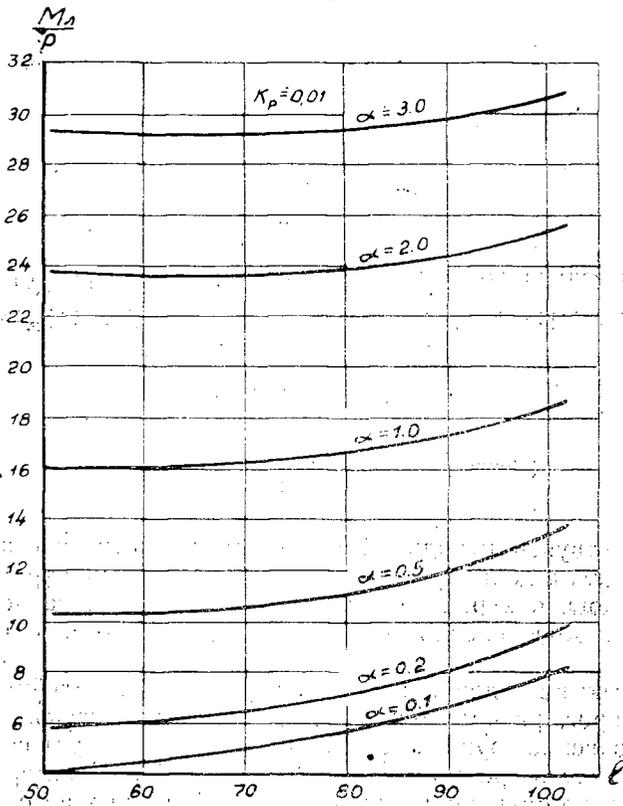


Рис. 3.

при одном лежне под рельсом

$$\frac{M_d^{\text{доп}}}{P} = \frac{588 \sqrt[4]{\alpha^3} \sigma_d}{P}, \frac{\text{см}}{\text{кг}}$$

Если принять  $\sigma_d = 100 \text{ кг/см}^2$  ( $P = 2000 \text{ кг}$ ), то напряжения в лежнях на изгиб окажутся допустимыми для всех  $\alpha$  больше 0,2.

Следовательно, максимальное расстояние между шпалами для пути, уложенного на продольные лежни, необходимо определять из условия допустимого напряжения в рельсах.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. И. П. Граве. Расчет на прочность верхнего строения пути узкоколейных железных дорог колеи 600, 750, 900 и 1000 мм на промышленном и магистральном транспорте. Л., 1958. [2]. Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов. Расчет узкоколейного пути на продольных лежнях. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 5, 1959. [3]. Ш. Е. Микеладзе. Некоторые задачи строительной механики. Гостехиздат, 1948.

Поступила в редакцию

26 мая 1959 г.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ИССЛЕДОВАНИИ ЗАКРУГЛЕНИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Б. М. КОПЫЛОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Руководствуясь методикой и приемами статистического исчисления, автор сделал попытку решить частную инженерно-транспортную задачу — установить характер изменения кривизны в железнодорожных закруглениях, подверженных силовому воздействию одностороннего грузопотока.

Объектами исследования являлись кривые узкоколейных лесовозных железных дорог, расположенных в различных географических, климатических, почвенно-грунтовых и производственных условиях. Так как для обоснованного представления об изучаемой закономерности необходимо достаточно большое число наблюдений, взятых по однородным частичным совокупностям, то детальному изучению были подвергнуты 110 кривых на двух, наиболее типичных, дорогах: Чудецкой — как равнинной и Свальявской — как горной.

Статистическими величинами являлись: 1) Удаленность точек на кривой  $\lambda$ , которая определяется отношением текущей длины  $L$  к общей длине закругления  $L_0$ ; 2) Относительная кривизна  $k = \frac{1}{r}$  в точках равноудаленных друг от друга. Ее величина определяется отношением измеренной стрелы изгиба  $h_{изм}$  к наибольшей ( $h_{max}$ ) в закруглении. Анализ производился табличным способом, для чего была составлена таблица распределения статистических величин  $\lambda$  и  $k$ , в которой наблюдаемые значения кривизны  $k$  общим количеством 2336 шт., были распределены на 21 разряд, с градацией через 0,05. Средние значения по рядам таблицы распределения вычислялись по способу моментов. В сокращенном виде таблица средних значений приведена ниже.

Средневзвешенное значение кривизны, или так называемое полное среднее  $k_{cp} = 0,424 : 0,686 = 0,618$ . Одной из важнейших характеристик статистической величины (кривизны  $k = \frac{1}{r}$ ) является основное отклонение  $\sigma$ . В данном исследовании оно оказалось равным 1,293.

Мерой изменчивости является коэффициент вариации  $v$ , который в данной работе равен 2,1%.

Малое значение меры изменчивости указывает на устойчивость изучаемой закономерности, в данном случае подтверждает факт неизбежного деформирования закруглений от силового воздействия одностороннего грузозового потока.

Таблица 1

Относительная удаленность	Относительная кривизна	
	$k = \frac{1}{\rho}$	в долях наибольшего значения
0	0,009	0,013
0,1	0,192	0,280
0,2	0,413	0,602
0,3	0,550	0,801
0,4	0,634	0,922
0,5	0,677	0,986
0,6	0,686	1
0,7	0,568	0,827
0,8	0,466	0,680
0,9	0,216	0,314
1	0,002	0,003

Основная ошибка  $\sigma_k$  полного среднего значения служит критерием при количественной оценке экспериментальных материалов.

В нашем исследовании  $\sigma_k = \pm 0,027$ , что дает основание считать экспериментальный материал более чем достаточным в количественном отношении.

Качественная оценка производится показателем точности исследования  $\rho$ , величина которого не должна превосходить 10%. При основной ошибке  $\sigma_k = 0,027$  и полном среднем значении статистической величины  $k_{\text{ср}} = 0,618$  получена точность  $\rho = 4,4\%$ .

Произведенная таким путем количественная и качественная оценка экспериментальных данных подтверждает: 1) достаточно удачный отбор объектов наблюдений, 2) большую вероятность заключений и обобщений и 3) допустимость распространения выводов на прочие аналоги, то есть в данном случае на всю сеть железных дорог с частичным или полным односторонним грузовым движением.

Как видно из табл. 1, изменение кривизны в исследованных закруглениях происходит с постепенным увеличением от концов к точке, удаленной от начала на 60% от общей длины закругления ( $k=1$  при  $\lambda = 0,6$ ). Это увеличение неодинаково интенсивно на отдельных участках, что указывает на отсутствие линейной зависимости между кривизной  $k$  и расстоянием  $\lambda$ .

Исследование связей между статистическими величинами сводится к определению численных характеристик (мер связей) и к нахождению корреляционных уравнений, выражающих эту связь.

Мерой связи нелинейной корреляции является корреляционное отношение  $\eta$ , которое в нашем случае оказалось равным 0,61.

Довольно высокое значение корреляционного отношения указывает на строгую связь между статистическими величинами.

Для выражения нелинейных связей существуют различные виды корреляционных кривых и их уравнений: параболические, тригонометрические) и др. Выбор типа кривой зависит от характера корреляционных связей между статистическими величинами. В частности характер изменения кривизны по длине закруглений лесовозных железных дорог наиболее близок к закону параболических или тригонометрических функций, что подтверждается и фактом применения их в переходных железнодорожных кривых.

Корреляционное уравнение параболического вида. Для вычисления параболических кривых наиболее удобным является способ Чебышева, в котором члены уравнений парабол высших порядков получаются последовательным прибавлением членов к ранее вычисленным для парабол низших степеней. Кроме того, сразу же оценивается достоинство полученного уравнения по величине основной ошибки, вследствие чего отпадает надобность в определении некоторых статистических постоянных. Уравнение имеет общий вид:

$$f(x) = a_0 + a_1\psi_1(x) + a_2\psi_2(x) + \dots + a_i\psi_i(x), \quad (1)$$

в котором числа Чебышева  $\psi_i(x)$  для разного количества  $n$  значений зависимой переменной  $y_i$  берутся в готовом виде из таблиц [2, табл. 94; 3, табл. 47]. Коэффициент  $a_0$  представляет среднюю величину из  $n$  значений зависимой переменной, а остальные коэффициенты  $a_i$  являются суммой произведений заданных значений  $y_i$  на величину числа Чебышева, деленную на сумму квадратов этих чисел. Вычисление моментов, необходимых для установления параболических уравнений по способу Чебышева, производится не по самим значениям статистических величин  $\lambda$  и  $k$ , а по их отклонениям от полных средних значений ( $x_1 = \lambda - 0,5$  и  $x_2 = k - 0,618$ ).

По материалам наблюдений были последовательно получены уравнения:

а) Парабола первого порядка (линейное уравнение)

$$y^{(1)} = 0,618 + 0,092x_1, \quad (2)$$

с критерием линейности  $\zeta^{(1)} = 0,993$  и его ошибкой  $\sigma_r^{(1)} = \pm 0,218$ . Отношение критерия к его ошибке является характеристикой пригодности уравнения для выражения исследуемой зависимости. Если  $\frac{\zeta^{(1)}}{\sigma_r^{(1)}} > 3$ , то линейная связь между статистическими величинами отсутствует. В нашем случае  $\frac{\zeta^{(1)}}{\sigma_r^{(1)}} = \frac{0,993}{0,218} = 4,56 > 3$ .

б) Парабола второго порядка

$$y^{(2)} = 0,966 + 0,092x_1 - 3,81x_1^2 \quad (3)$$

с критерием квадратичности  $\zeta^{(2)} = 0,068$  и его основной ошибкой  $\sigma^{(2)} = \pm 0,057$ . Отношение критерия к ошибке  $0,068 : 0,057 = 1,19$  указывает на явное преимущество уравнения второй степени для более точного выражения зависимости.

в) Парабола третьего порядка

$$y^{(3)} = 0,966 + 0,514x_1 - 3,81x_1^2 - 2,55x_1^3 \quad (4)$$

с критерием кубичности  $\zeta^{(3)} = 0,044$  и его основной ошибкой  $\sigma^{(3)} = \pm 0,046$ . Отношение критерия к ошибке  $0,044 : 0,046 = 0,96$  свидетельствует о лучшем соответствии этого уравнения исследуемой зависимости.

Малая величина критерия и его отношения к ошибке дают основание ограничиться параболой третьего порядка.

Значения относительной кривизны  $k = \frac{1}{\rho}$ , вычисленные по уравнению (4), приведены в табл. 2.

Установление зоны вероятных значений статистической величины. При определении вероятных значений по

Таблица 2

Относительная удаленность	Независимая переменная $x$	$\alpha^n=15$	Наблюдаемые средние $k$	Вычисленные $k$ по уравнению (6)	Разность $d$
0	1	15	0,013	0,036	-0,023
0,1	3	45	0,280	0,034	-0,054
0,2	5	75	0,602	0,654	-0,052
0,3	7	105	0,801	0,850	-0,049
0,4	9	135	0,922	0,902	+0,020
0,5	11	165	0,986	0,888	+0,098
0,6	13	195	1	0,876	+0,124
0,7	15	225	0,827	0,834	-0,007
0,8	17	255	0,680	0,682	-0,002
0,9	19	285	0,314	0,398	-0,084
1	21	315	0,003	0,090	-0,087

корреляционным уравнениям неизбежны ошибки. Минимальное значение суммы квадратов этих ошибок называется основной ошибкой корреляционного уравнения и выражается при помощи основных моментов. Поскольку величина основной ошибки представляет возможные отклонения статистических величин, вычисленных по уравнению, то ее можно принять за предел колебания искомых величин в ту и другую сторону.

Это свойство основной ошибки было использовано далее при сопоставлении полученных корреляционных уравнений с иными функциями кривизны переходных кривых [1]. Основная ошибка уравнения (4) параболы третьего порядка оказалась равной  $\Delta k = \pm 0,187$ .

Графическое изображение вероятных значений кривизны по уравнению (4) дано на рис. 1 в виде линии пунктира с точкой. Белое поле в обе стороны от этой линии представляет зону колебаний в значениях кривизны. Кружки соответствуют средним наблюдаемым значениям. Из рис. 1 видно, что вероятные значения кривизны, вычисленные по корреляционному уравнению параболы третьего порядка, близки к наблюдаемым и находятся в зоне допустимых отклонений.

Корреляционное уравнение тригонометрического вида. Уравнения этого вида обладают рядом преимуществ перед другими уравнениями. Получаемые путем разложения ряда Фурье

$$v = a_0 + \sum_{k=1}^m (a_k \cos kx + b_k \sin kx), \quad (5)$$

они сохраняют силу для функций, имеющих различные законы изменения переменных на отдельных интервалах и дают возможность более гибко выразить рассматриваемую зависимость за счет произвольного выбора периодов и смещения фаз.

Вычисления становятся наиболее простыми и удобными при числе  $n$  значений независимой переменной  $x$ , кратном 12, а выбор числа  $k$  членов, содержащих функции  $\sin$  и  $\cos$ , зависит от нужной точности и удобства пользования уравнением.

При вычислении уравнения по материалам нашего исследования, было принято  $n = 24$  и  $k = 2$ , что привело к уравнению

$$y = 0,540 - 0,454 \cos z + 0,11 \sin z - 0,122 \cos 2z + 0,044 \sin 2z, \quad (6)$$

где  $z = \frac{1 \cdot 0}{12} x = 15x$ .

Сопоставление относительной кривизны по уравнению (6) со средними наблюдениями приведено в табл. 2.

Приведение корреляционных уравнений к практически удобному виду. Если задачей исследования, как и в нашем случае, является не только установление зависимости одной статистической величины от другой, но и использование полученных уравнений для практических целей, то им придается наиболее удобная форма.

В частности, уравнения (4) и (6) имеют в качестве независимых переменных величины  $x_1$  и  $\alpha^0 = 15 x$ , содержат много членов, что для практического использования неудобно. Кроме того, оба они отображают характер изменения кривизны по длине закругления  $L_0$  в целом, тогда как подобно иным функциям кривизны, желательно чтобы они давали значения кривизны только в пределах одной ветви, т. е. на длине переходной кривой  $l_0$ . Также чрезвычайно важным требованием, предъявляемым к переходным кривым любого вида, является соблюдение условия, налагаемого на значение кривизны в крайних точках переходной кривой.

В начале кривой, где радиус  $\rho = \infty$ , кривизна  $k = \frac{1}{\rho} = 0$ , и в конце кривой, где радиус приобретает наибольшее значение  $\rho = R$ , кривизна  $k = \frac{1}{\rho} = 1$ .

Исходя из этого, корреляционные уравнения претерпели следующие преобразования, сохранив свою силу.

Корреляционное уравнение параболы (4):

1. Выражено по аргументу  $\lambda = x_1 + 0,5$ , после чего получило вид

$$k = f(\lambda) = 0,075 + 2,412\lambda + 0,011\lambda^2 - 2,546\lambda^3. \quad (7)$$

2. Для удобства перехода от аргумента  $\lambda$  к аргументу  $\sigma = \frac{l}{l_0}$ , коэффициенты уравнения вычислены по способу сумм; за счет округления и исключения некоторых членов получена парабола второго порядка, практически равноценная параболе третьего порядка:

$$k = f(\sigma) = 2\sigma - \sigma^2 \quad (8)$$

Значение кривизны, даваемые этим уравнением, с сопоставлением со средними наблюдениями, нанесены на график (рис. 1).

Как видно из рис. 1, разности  $d$  между наблюдаемыми и вычисленными значениями кривизны находятся в пределах величины ошибки ( $d < \pm 0,187$ ), что дает право считать уравнение параболы второго порядка пригодным для выражения исследованной зависимости.

Корреляционная парабола, как функция кривизны переходной кривой, дает железнодорожным закруглениям исследованного типа хорошие динамические качества.

На рис. 2 дано сопоставление динамических показателей в закруглениях с различными переходными кривыми при параболических функциях кривизны. Из этого сопоставления видно, что изменение давлений на рельсы по длине закругления, состоящего из двух ветвей переходных кривых типа корреляционной параболы, происходит плавно, при значительно меньшей величине, чем у других кривых, и без перемены направления.

В корреляционном уравнении (тригонометрического вида) сделаны следующие преобразования:

1. Чтобы устранить влияние ошибок наблюдений, были округлены коэффициенты, после чего уравнение приобрело вид:

$$k = f(x) = 0,6 - 0,5 \cos x + 0,1 \sin x - 0,1 \cos 2x + 0,05 \sin 2x. \quad (9)$$

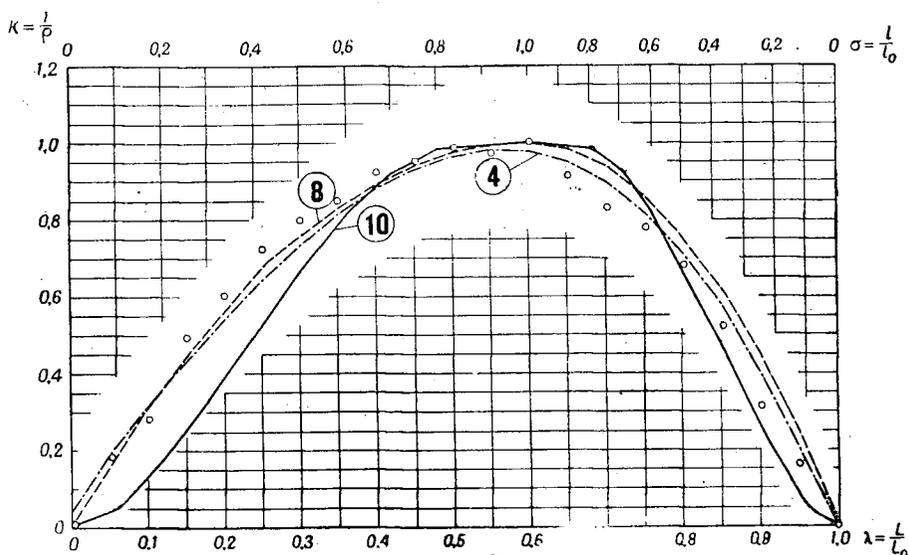


Рис. 1. Изменение кривизны в закруглениях лесовозных узкоколейных железных дорог по корреляционным уравнениям: (4) — параболы третьего порядка; (8) — параболы второго порядка и (10) — корреляционной косинусоиды.

2. После замены  $\sin 2\alpha$  на  $2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ ,  $\cos 2\alpha$  на  $\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ ,  $\alpha^0 = 15x$  на  $\pi\sigma$  и незначительного округления некоторых членов, уравнение приняло окончательный вид:

$$k = f(\sigma) = 0,667 - 0,5 \cos \pi\sigma + 0,167 \cos^3 \pi\sigma = \frac{1}{6} (4 - 3 \cos \pi\sigma + \cos^3 \pi\sigma) \quad (10)$$

Это уравнение названо «корреляционной косинусоидой».

Сравнение вероятных значений относительной кривизны по уравнению (10) с наблюдаемыми средними видно на рис. 1.

После сделанных преобразований уравнение (6) несколько утратило корреляционные свойства (см. рис. 1), что, однако, привело к улучшению динамических качеств закругления. В отличие от других переходных кривых этого вида, корреляционная косинусоида может использоваться в закруглениях с сопряженными переходными кривыми как наиболее близких по своей форме к наблюдаемым на лесовозных железных дорогах.

Как видно из рис. 3, на котором приведено графическое сопоставление динамических показателей, изменение усилий в закруглении с корреляционной косинусоидой происходит наиболее плавно и при малой их величине.

### Выводы

1. Исследования статистическим методом, при решении конкретных инженерных задач, дают возможность основательно проанализировать явления, остановить внимание на отклонениях от закономерностей, установить причины этих отклонений, высказать уверенные предложения для практического применения.

2. Математико-статистический анализ материалов наблюдений железнодорожных кривых, подверженных силовому воздействию одностороннего грузового потока, показывает, что такие кривые утрачивают

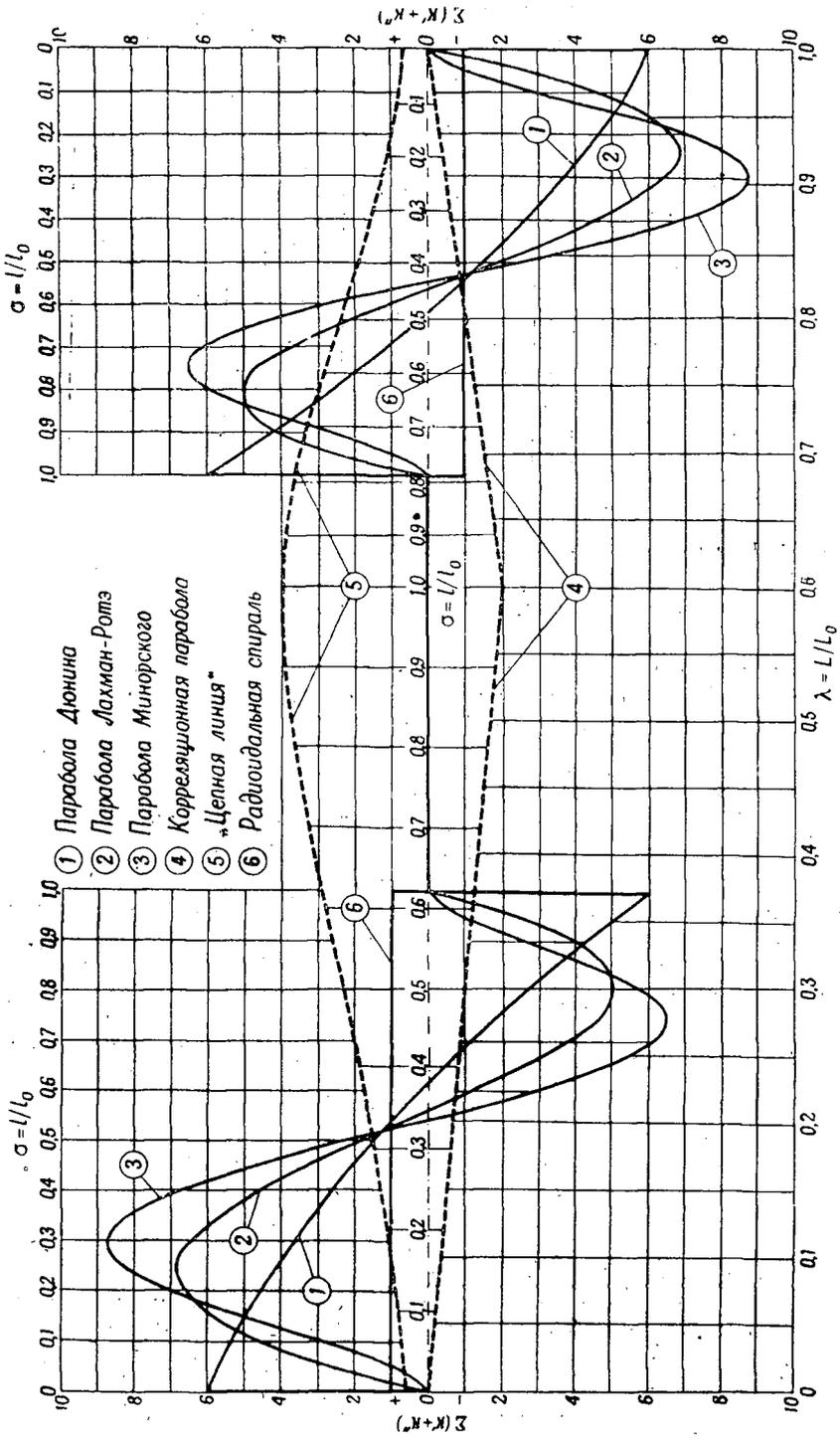


Рис. 2. Боковые давления на рельсы при переходных кривых с параболическими функциями кривизны.

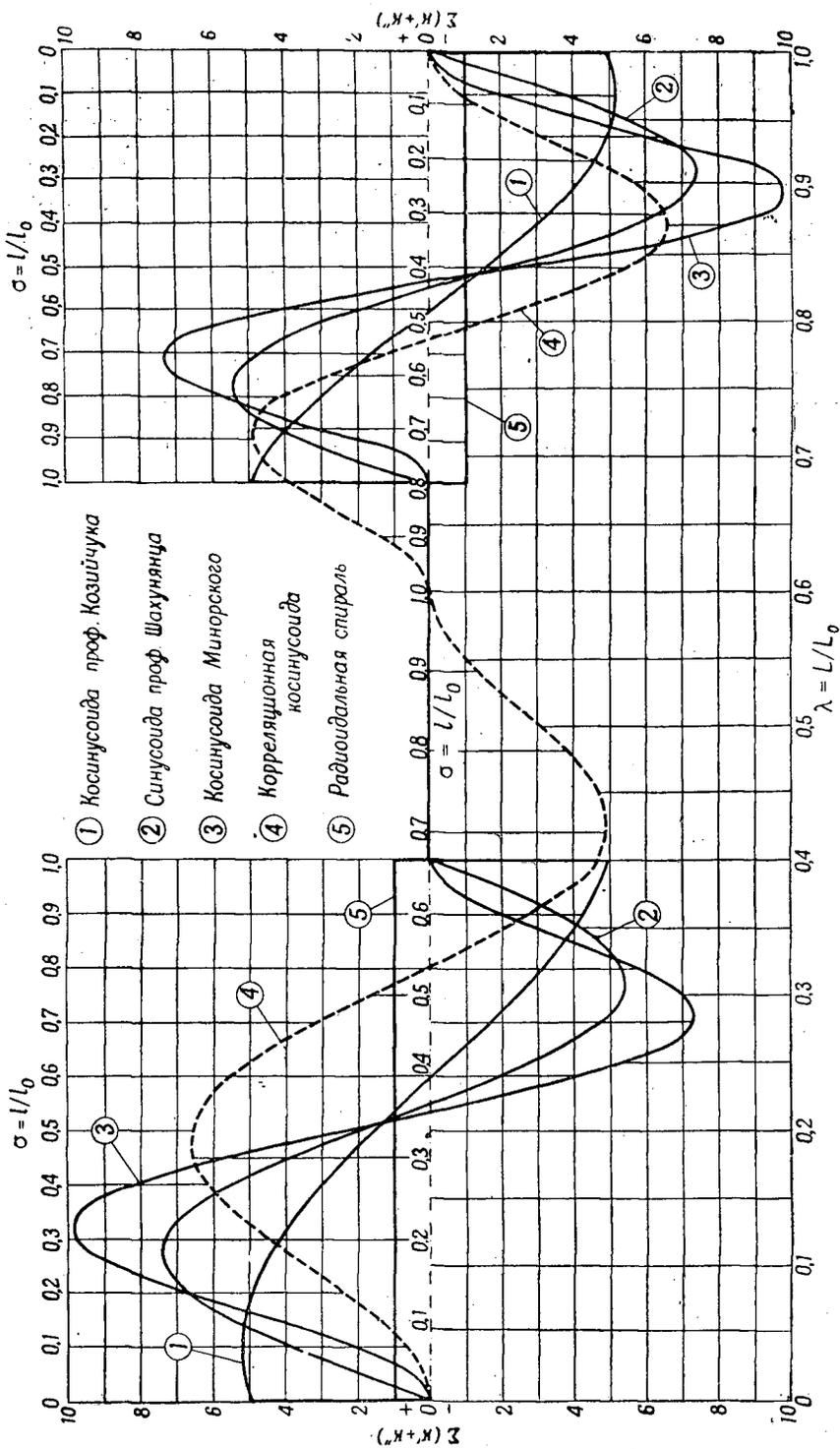


Рис. 3. Боковые давления на рельсы при переходных кривых с тригонометрическими функциями кривизны.

свои первоначальные геометрические формы, несмотря на принудительную выправку их в прежние формы.

3. Железнодорожные кривые исследованного типа приобретают несимметричную форму двух ветвей переменного радиуса, сопряженных в одной точке, которая удалена от начала закругления (по ходу движения с грузом), примерно на  $1/3$  от общей длины закругления.

4. Корреляционные функции, как реально отображающие закон изменения кривизны, рекомендуются к использованию на переходных кривых при переустройстве железнодорожных закруглений [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. М. Копылов. О наиболее устойчивых формах закруглений на лесовозных железных дорогах с новыми видами переходных кривых. Журн. «Научные доклады высшей школы». серия «Лесоинженерное дело» № 4, 1958. [2]. Проф. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление (в 4-х томах), Всесоюзный Заочный лесотехнический институт, Л., 1952—54 гг. [3]. Проф. А. Е. Митропольский. Техника статистического исчисления. М.-Л., Сельхозгиз, 1931.

Поступила в редакцию  
5 мая 1959 г.

## УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ НА УСАХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Н. И. СЕРПОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**Л. Е. САВИН**

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

В последние годы на усах автомобильных дорог лесозаготовительных предприятий Вологодского совнархоза начинают широко применять колеиное покрытие из типовых решетчатых железобетонных плит.

Перед укладкой плит трассу расчищают, удаляют пни и растительный покров, производят грубую планировку основания бульдозером. Отдельные неровности частично выравнивают вручную в процессе укладки плит, а на сырых местах устраивают выстилку из хвороста и ветвей. С целью экономии затрат труда и средств профилировочные работы не проводятся и водоотвод не устраивается. Недостаточная подготовка основания создает очень тяжелые условия работы плит на усах лесовозных дорог.

Для выявления устойчивости решетчатых железобетонных плит размером  $2,5 \times 1,0 \times 0,16$  м, как элементов колесопроводов, были проведены специальные опыты на двух работающих усах Кадниковской автодороги Митинского леспромхоза. Состояние колеиного покрытия на опытных участках было характерным для усов автомобильных дорог. Дополнительные меры по улучшению состояния колеиного покрытия не проводились.

Ус № 1 (опытный участок IV) построен осенью 1957 г. и находился в эксплуатации около двух месяцев (рис. 1). Зимой ус не работал. К моменту проведения опытов по усу вывезено около 4 тыс. м<sup>3</sup> древесины на автомобилях ЗИЛ-151 с прицепами — роспусками 2-ПР-8. Средняя нагрузка на рейс при хлыстовой вывозке 16—18 м<sup>3</sup>. Ус № 2 (опытный участок I) построен и пущен в эксплуатацию за десять дней до начала опытов. Плиты на опытных участках уложены на естественном грунтовом основании. Экспериментальные работы проведены в июне 1958 г.

В табл. 1 и 2 приведены данные о гранулометрическом составе, влажности и плотности грунтов основания в момент опытов.

Для выявления степени устойчивости измерялись фактические осадки в разных сечениях плит при прохождении автомобилей и взаимное смещение концов плит при статическом и динамическом нагружении. Осадки и взаимное смещение концов плит под действием движущейся нагрузки записывались вибрографами ВР-1 (рис. 2). При статической

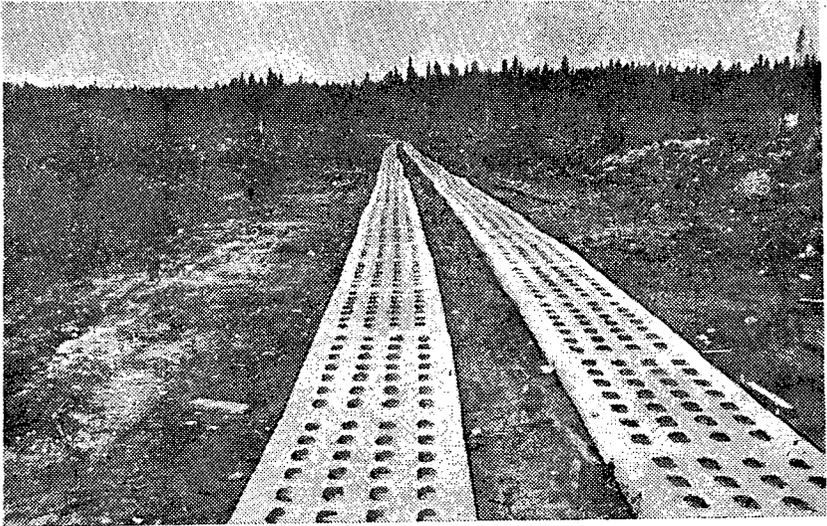


Рис. 1. Опытный участок IV. Ус Кадниковской автодороги.

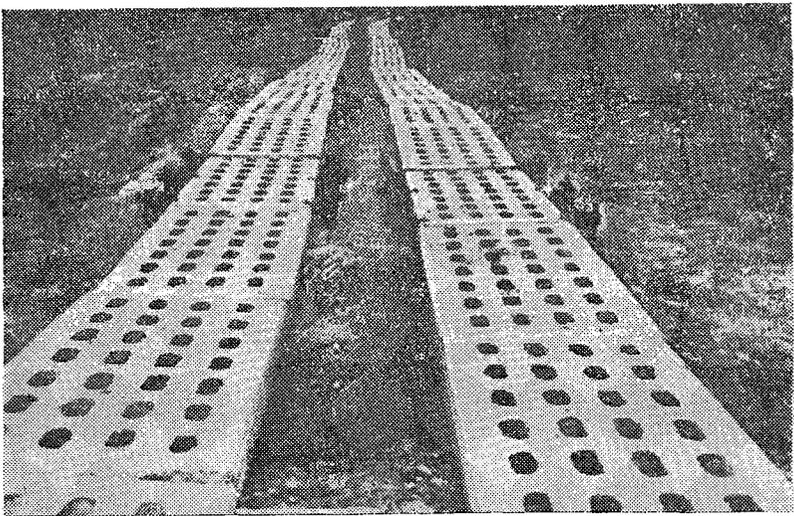


Рис. 2. Установка измерительной аппаратуры на участке I.

нагрузке взаимное смещение концов плит определялось индикаторными приборами. Методика проведения опытов и установка измерительных приборов аналогичны ранее проведенным измерениям на магистральных путях [1], [2].

На IV участке работа плит исследовалась под воздействием автомобилей ЗИЛ-151 с полезной нагрузкой 4,2 т. Скорости движения автомобиля изменялись в пределах от 13,2 до 21,8 км/час. На I участке устойчивость плит исследовалась при прохождении автомобилей ЗИЛ-151 с

Таблица 1

Показатели	Количество проходящих через отверстие частиц, в %, на опытных участках	
	I	IV
Размеры отверстий в мм	...	...
Более 10	0,20	—
10—5	0,60	0,70
5—2	1,50	1,70
2—1	1,50	1,40
1—0,5	6,10	5,50
0,5 —0,25	8,00	7,40
0,25—0,05	34,00	25,60
0,05—0,005	39,40	51,20
Менее 0,005	8,70	6,50
Граница текучести	24	23
Граница раскатывания	15,5	14
Число пластичности	8,5	9

Таблица 2

Глубина взятия пробы в м	Влажность в % на участке		Плотность в г/см <sup>3</sup> на участке	
	I	IV	I	IV
0,00	18,5	10,5	1,74	1,92
0,30	19,6	13,7	1,72	1,90
0,60	20,1	16,5	1,70	1,80
1,00	17,9	15,7	1,76	1,84
1,20	26,4	15,7	—	1,83

прицепами-ропусками 2-ПР-8, груженными хлыстами. Средняя нагрузка на автопоезд составляла 11,9 т, в том числе на прицеп-ропуск 6,7 т. Автопоезда двигались со скоростью от 6,4 до 19,3 км/час.

На двух опытных участках записаны 562 виброграммы просадок плит (рис. 3). Обработка виброграмм состояла в измерении максималь-

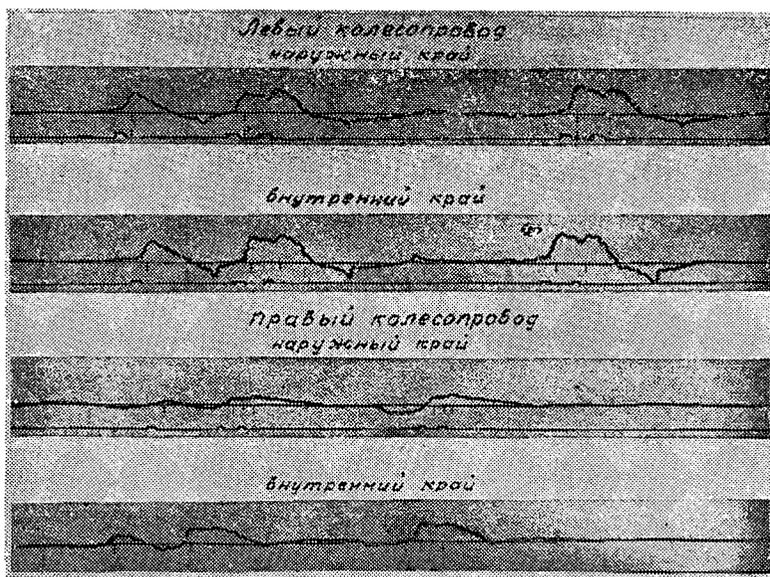


Рис. 3. Виброграмма осадок принимающего конца плиты. Участок I.

ных осадок и отрыва исследуемых сечений плит под воздействием колес автомобиля и прицепа-ропуска. Полученные из 26—30 измерений средние данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Принимающий конец плиты на участке		Середина плиты на участке		Сдающий конец плиты на участке	
	I	IV	I	IV	I	IV
Под передними колесами автомобиля						
Осадка, мм . . . . .	4,13	2,30	1,34	0,69	2,29	2,31
Отрыв от основания, мм . . . . .	2,70	2,31	0,44	0,65	—	2,03
Под задними колесами автомобиля						
Осадка под первым колесом, мм . . . . .	5,69	2,75	2,38	1,18	2,90	2,28
Осадка под вторым колесом, мм . . . . .	6,07	2,99	—	—	3,02	2,51
Отрыв от основания, мм . . . . .	3,21	1,71	1,30	0,78	3,70	2,44
Под колесами прицепа-ропуска						
Осадка под первым колесом, мм . . . . .	6,34	—	—	—	3,04	—
Осадка под вторым колесом, мм . . . . .	6,38	—	2,51	—	3,24	—
Отрыв от основания, мм . . . . .	2,81	—	1,58	—	—	—
Максимальная измеренная величина, мм . . . . .						
Осадка, мм . . . . .	9,30	4,45	3,92	1,68	4,40	4,00
Отрыв от основания . . . . .	5,50	3,75	2,02	1,10	12,60	4,20

Анализ полученных данных показывает, что осадки концов значительно больше осадок середины плиты, особенно у принимающего конца — в среднем в 2,5 раза. Максимальные осадки колеблются еще сильнее! у принимающего конца они в 6 раз, а у сдающего в 2,9 раза превышают осадки середины плиты. Эти явления закономерны и наблюдались также в опытах 1957 г. на магистрали Хайнозерской дороги [1], [2].

Наблюдения показали, что у плит, уложенных на естественном грунтовом основании, осадки значительно больше, чем у плит, лежащих на песчаной подушке по насыпи. В табл. 4 приведены средние измеренные осадки под задним колесом автомобиля для участков Хайнозерской и Кадниковской дорог, имеющих примерно одинаковые модули деформации основания. Если учесть нагрузку на ось, то осадки плит на усах будут в 1,5—2,7 раза больше, чем осадки на магистрали.

Таблица 4

Участки	Марка автомобиля	Средняя осадка плиты в мм под задним колесом		
		принимающего конца	середины	сдающего конца
Магистраль Хайнозерской дороги . . . . .	МАЗ-200	1,80	0,67	1,52
Ус Кадниковской дороги . . . . .	ЗИЛ-151	2,84	1,23	2,40

Опытами установлено отсутствие на усах пропорциональности между осадкой концов плит и нагрузкой. Осадка под передней осью составляет на I участке 70—80% и на IV участке 80—100% осадки под задним колесом. Фактическая же нагрузка на переднюю ось автомобиля в груженом состоянии не превышает 60% нагрузки на заднюю ось.

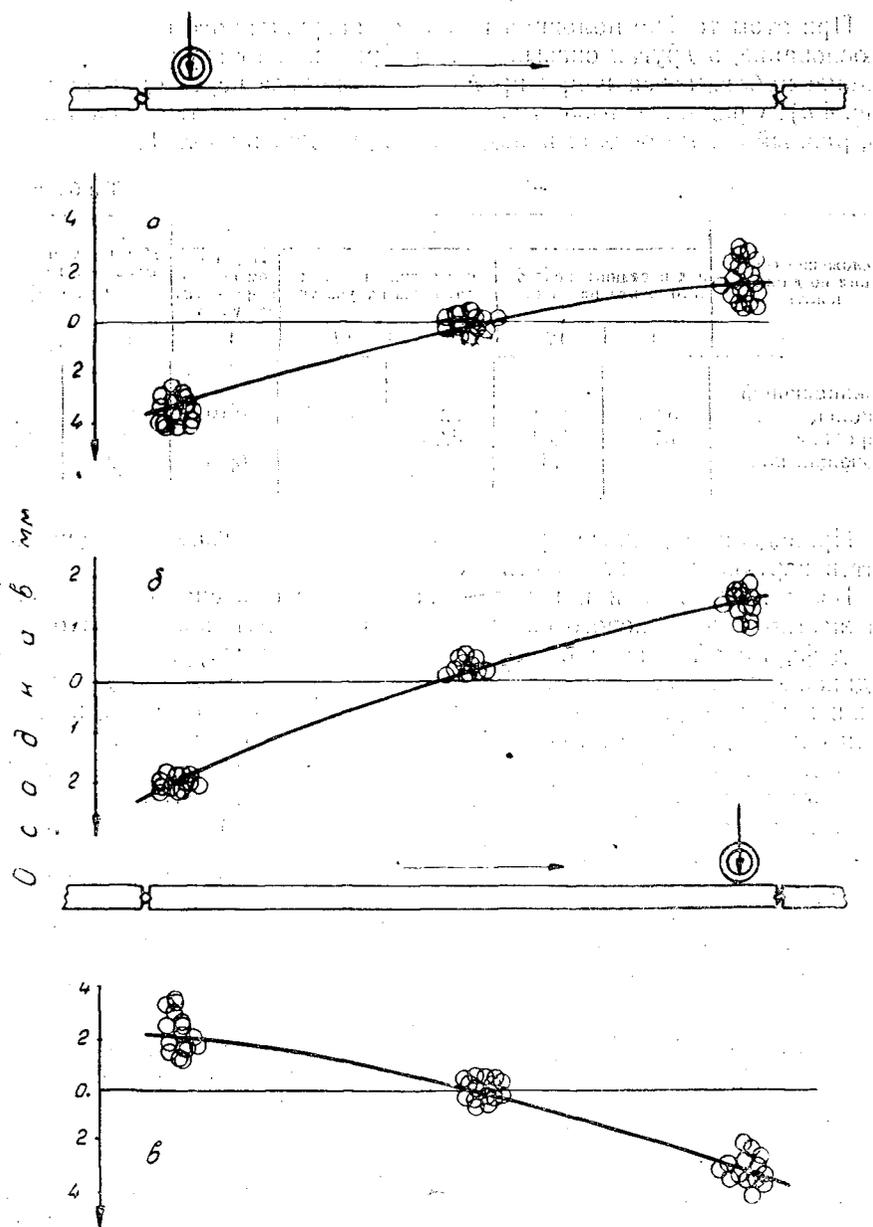


Рис. 4. Схема изогнутой оси плиты под нагрузкой заднего колеса автомобиля.

*a* и *б* — загружен принимающий конец; *в* — загружен сдающий конец.

Опыты показали, что под действием движущихся колес автомобиля и прицепа-роспуска наблюдается отрыв (поднятие) плиты от основания во всех исследуемых сечениях. Величина отрыва принимающего конца и середины плиты составляет 55—65%, а сдающего конца 100—128% от максимальной осадки соответствующего сечения. Загружение принимающего конца плиты движущимся колесом автомобиля или прицепа-роспуска вызывает максимальный отрыв от основания другого (сдающего) конца плиты (рис. 4, *a* и 4, *б*).

При этом только половина плиты от загруженного конца опирается на основание, а другая оказывается оторванной от грунта. Аналогичное явление наблюдается и при прохождении колеса через сдающий конец (рис. 4,в). Средний и максимальный ход плиты в вертикальной плоскости, равный сумме осадок и поднятия, приведен в табл. 5.

Таблица 5

Положение сечения по длине плиты	Средний ход сечения в мм					Максимальный из измеренных ходов в мм на участке	
	под передним колесом автомобиля на участке		под задним колесом автомобиля на участке		под колесом прицепа-ропуски на участке		
	I	IV	I	IV		I	I
Принимающий конец . . . . .	6,83	4,61	9,28	4,70	9,19	14,80	8,20
Середина . . . . .	1,78	1,34	3,68	1,96	4,09	5,94	2,78
Сдающий конец	—	4,34	6,72	4,95	6,28	17,00	8,20

Приведенные данные указывают на значительную подвижность плит в вертикальной плоскости (качание).

Большие просадки и неустойчивость плит объясняется недостаточной жесткостью стыкового соединения и быстрым накоплением остаточных деформаций в зоне стыка. Применяемая конструкция стыкового соединения плит, оказавшаяся в целом удовлетворительной для магистральных путей при наличии песчаной подушки, оказывается неудовлетворительной для усов на естественном грунтовом основании.

Остаточные деформации в зоне стыка быстро накапливаются до размеров, легко обнаруживаемых визуальным наблюдением по выплескам. Контакт всей опорной поверхности плиты с грунтом наблюдается, лишь в начальный период работы. В процессе эксплуатации накопление остаточных деформаций приводит к значительной подвижности плит в вертикальной плоскости и нарушению нормального контакта с грунтовым основанием. Плита опирается на основание только средней частью, концы же остаются на весу. Это резко ухудшает условия работы, приводит к излому плит и расстройству колеяного покрытия в целом.

В качестве критерия оценки стыкового соединения нами приняты: степень разгрузки конца плиты при передаче стыковым бруском части нагрузки на смежный конец второй плиты и величина взаимного смещения.

Опытные данные показывают, что взаимное смещение концов плит в стыке под воздействием движущихся колес автомобиля в 1,3—1,5 раза меньше, чем при статическом нагружении. Это объясняется тем, что действие нагрузки кратковременно, в связи с чем полной деформации основания в зоне стыка не происходит. Взаимное смещение концов плит при прохождении через стык колес автомобиля примерно равно осадкам концов плит. Исследования [2], проведенные на магистрали Хайнозерской автодороги, показали, что исправные стыковые бруски передают на смежный конец плиты 20—30% приложенного усилия. По наблюдениям же на усах, где плиты уложены на естественном основании без заполнения отверстий грунтом, не обеспечивается совместимость работы смежных концов плит.

Проведенные опыты позволяют сделать следующие выводы:

1. При существующих в настоящее время способах подготовки основания для укладки колеяного покрытия из железобетонных плит на усах автомобильных лесовозных дорог возникают очень тяжелые усло-

вия работы плит, так как вследствие значительной вертикальной подвижности (качания) происходит интенсивное накопление дефектов и разрушение плит. Более тщательная подготовка основания, требующая несколько больших затрат, увеличивает срок службы плит и является экономически целесообразным мероприятием.

2. Конструкция применяемого стыкового соединения для усов лесовозных дорог оказывается неудовлетворительной и не обеспечивает совместную работу стыковых концов плит. Для обеспечения удовлетворительной работы стыкового соединения требуется усиление основания в зоне стыков. В разрабатываемых конструкциях плит необходимо предусмотреть большую жесткость стыкового соединения, ограничивающую взаимное смещение концов плит в стыке.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. И. Скрипов, Л. Е. Савин. О характере работы дорожных железобетонных плит. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 2, 1958.  
[2]. Н. И. Скрипов, Л. Е. Савин. О работе стыка решетчатых дорожных железобетонных плит. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 3, 1958.

Поступила в редакцию  
6 июня 1959 г.

## ВЫБОР РАСЧЕТНОГО СТВОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЛАВОСПОСОБНОСТИ ЛЕСОПРОПУСКНЫХ УСТРОЙСТВ ГИДРОУЗЛОВ (при молевом сплаве)

Ю. В. ЛОБАНОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Для пропуска древесины через плотины на реках с молевым сплавом во многих случаях целесообразно устройство специальных лесопропускных отверстий в виде так называемых бревноспусков.

Общеизвестно, что сплавоспособность головного устройства бревноспуска или лесосплавного лотка зависит:

1) от конструкции и размеров головного устройства, 2) от расхода воды, 3) от характеристик сплавного пути на подходном участке к головному устройству, 4) от применяемых методов подачи леса к головному устройству, 5) от габаритов сплавливаемых бревен и их объемного веса.

Существующие указания и технические условия по расчету и проектированию головного устройства очень ограничены и в основном предусматривают только ручное регулирование подачи леса в отверстие бревноспуска. Эти указания не учитывают всех факторов, влияющих на сплавоспособность головных устройств лесосплавных лотков, и, в частности, совершенно не касаются условий движения бревен на подходном участке перед сооружением.

В целях внесения некоторой ясности в этот вопрос нами на кафедре водного транспорта леса ЛОЛЛТА им. С. М. Кирова (1955—1959 гг.) проведены специальные экспериментальные и теоретические исследования сплавопропускной способности головных устройств лесосплавных лотков. При этом рассматривался вопрос о выборе расчетного створа, лимитирующего сплавоспособность сооружения при отсутствии принудительной подачи леса.

Результаты исследования освещены в настоящей статье.

Формула секундной сплавопропускной способности лесосплавных лотков, как известно, имеет вид:

$$N_{\text{сек}} = nk \frac{\pi d_{\text{ср}}^2}{4} v, \quad (1)$$

где  $n$  — число бревен, пропускаемых в ряд по ширине;

$d_{\text{ср}}$  — средний диаметр бревен;

$v$  — минимальная скорость движения бревен в бревноспуске, равная обычно скорости подачи бревен в отверстие;

$k$  — коэффициент продольного заполнения.

Отношение  $\frac{nd_{cp}}{b}$ , где  $b$  — ширина лесопропускного отверстия, надо рассматривать как коэффициент заполнения лесопропускного отверстия лесом по ширине, произведение же коэффициентов заполнения лесом по ширине и по длине можно заменить одним коэффициентом  $\beta$ , который называется коэффициентом заполнения зеркала лесом. Тогда для секундной сплавоспособности получаются такие зависимости:

$$N_{сек} = \beta b \frac{\pi d_{cp}}{4} v \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (2)$$

или

$$N_{сек} = \beta \frac{b}{d_{cp} l} v \text{ шт./сек}. \quad (3)$$

Из формул (2) и (3) видно, что сплавоспособность головных сооружений лесосплавных отверстий пропорциональна ширине створа  $b$ , скорости движения леса  $v$ , коэффициенту  $\beta$  и зависит от габаритов сплавляемых бревен.

Такое выражение для сплавоспособности справедливо в любом створе на протяжении сплавного пути. Но пропускная способность сплавного пути определяется сплавоспособностью в его лимитирующем створе. Следовательно, для определения сплавоспособности сплавного пути, состоящего из подходного участка перед головным сооружением лесоспуска, головного сооружения, лесосплавного лотка и отводящего участка, необходимо найти лимитирующий створ. Обычно отводящий участок и лоток лесоспуска при отсутствии подпора на нижнем участке лотка не лимитируют сплавоспособность рассматриваемого сплавного пути. Действительно, из условия неразрывности потока, поступающего в бревноспуск, следует, что при

$$Q_{л} = Q_{г.у}; \quad b_{л} h_{л} v_{л} = b_{г.у} h_{г.у} v_{г.у},$$

откуда

$$b_{л} v_{л} = b_{г.у} v_{г.у} \frac{h_{г.у}}{h_{л}}.$$

Так как глубина в пределах головного устройства всегда больше глубины в лотке, то есть  $h_{г.у} > h_{л}$ , то всегда  $b_{л} v_{л} > b_{г.у} v_{г.у}$  и поэтому при  $\beta_{г.у} = \beta_{л}$ ,  $N_{л} > N_{г.у}$  (Величины с индексами  $г.у$  относятся к головному устройству, а с индексами  $л$  — к лотку). Таким образом, лимитирующий створ можно искать в пределах проходного участка к головному сооружению и самого головного устройства лесоспуска.

Для выяснения, на каком из двух участков находится лимитирующий створ, следует сравнить модули сплавоспособности двух створов: первый из них 1—1 нужно взять в пределах подходного участка к головному устройству, а второй 2—2 — по входному отверстию бревноспуска (рис. 1). Под модулем сплавоспособности  $M$  здесь, как обычно, понимается произведение ширины сплавной трассы  $b$  на скорость движения бревен  $v$ . При этом в первом приближении принимается, что на протяжении рассматриваемых участков сплавного пути  $\beta = \text{Const}$ . Так как такое условие не полностью соответствует действительности, вопрос о пределах изменения  $\beta$  мы напомним осветить особо.

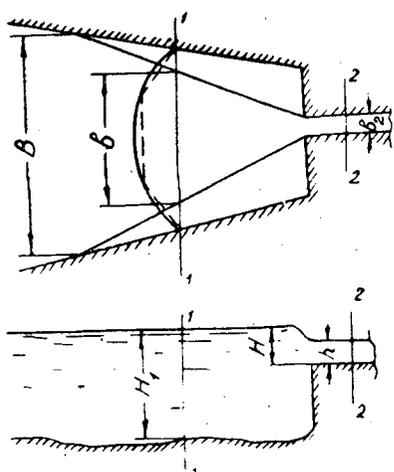


Рис. 1. Расположение створов на подходном участке и в головном устройстве лесоспуска.

Первый случай. Весь расход воды  $Q$  проходит только через головное сооружение лесоспуска (то есть расход  $Q$  по длине трассы остается постоянным) и  $Q = Q_{г.у}$ , где  $Q_{г.у}$  — расход воды в головном устройстве лесоспуска.

При ширине сплавного хода  $b$ , равной ширине потока  $B$ , модуль  $M = \frac{Q_{г.у}}{H_{ср}}$ , то есть обратно пропорционален глубине потока. Он оказывается постоянным, если средняя глубина по ширине потока не изменяется вдоль сплавной трассы, то есть при условии  $H_{ср} = \text{Const}$ .

Обозначив отношение минимальной глубины потока на протяжении сплавной трассы  $h_{min}$  к средней его глубине в расчетном створе через  $K_h$ , модуль  $M$  для сплавной трассы с переменной глубиной по длине можно представить в виде

$$M = \frac{Q_{г.у}}{h_{min}} K_h,$$

где коэффициент  $K_h > 1$ .

Второй случай.  $Q = \text{Const}$ ,  $H_{ср} = \text{Const}$ ,  $B > b$ .

Для принятых условий модуль  $M$  будет зависеть от отношения  $\frac{b}{B} = K_b$ .

Таким образом

$$M = \frac{Q_{г.у}}{H_{ср}} K_b,$$

где коэффициент  $K_b > 1$ .

Третий случай.  $H_{ср} = \text{Const}$ ,  $b = B$ ,  $Q \neq \text{Const}$ ; изменение модуля  $M$  прямо пропорционально расходу  $Q$ .

Если на протяжении рассматриваемой трассы часть воды отводится и сбрасывается через отверстие плотины, то модуль  $M$  вдоль сплавной трассы будет переменным.

Отношение расхода воды  $Q_{г.у}$  к расходу  $Q$  обозначается через  $K_Q$ , причем всегда  $K_Q \leq 1$ . Для этого случая можно записать:

$$M = \frac{Q_{г.у}}{H_{ср}} \cdot \frac{1}{K_Q}.$$

Известно, что лимитирующему створу соответствует минимальное значение модуля сплавоспособности. Поэтому для выяснения месторасположения лимитирующего створа необходимо выявить факторы, влияющие на изменение модуля сплавоспособности, а затем определить его значения для каждого участка рассматриваемой трассы.

Если скорость движения бревен принять равной средней (по живому сечению) скорости потока и выразить ее через расход воды, проходящей через рассматриваемый створ, то

$$M = vb = \frac{Q}{BH_{ср}} b,$$

где  $B$  — ширина и  $H_{ср}$  — средняя глубина потока в рассматриваемом створе.

Четвертый случай.  $Q \neq \text{const}$ ;  $H \neq \text{const}$ ; тогда

$$M = \frac{K_b \cdot K_h}{K_Q} \cdot \frac{Q_{г.у}}{h_{\min}} = K \frac{Q_{г.у}}{h_{\min}}.$$

Для сплавной трассы, состоящей из подходного участка к головному устройству лесоспуска и самого головного устройства, отношение  $\frac{Q_{г.у}}{h_{\min}} = \text{Const}$  и, следовательно, минимальное значение модуля сплавоспособности соответствует створу, имеющему наименьшее значение коэффициента  $K$ .

Остается выяснить, в каком из рассматриваемых участков модуль  $M$  имеет наименьшее значение и где, следовательно, располагается участок с лимитирующим створом для всей рассматриваемой трассы.

Для этого следует сравнить модули сплавпропускной способности в створах 1—1 и 2—2 (рис. 1).

Нами приняты следующие допущения:

1. Скорость движения бревен равна усредненной по живому сечению скорости потока.

2. Все проходящие через створ 1—1 бревна поступают в рассматриваемое лесопропускное отверстие, то есть проходят через створ 2—2, не отклоняясь к другим отверстиям плотины.

3. Поперечные сечения головного устройства и подходного участка имеют прямоугольную форму.

4. Головное устройство в гидравлическом отношении рассматривается как незатопленный водослив с широким порогом. Это соответствует имеющимся инструктивным указаниям относительно расчета головных устройств лесоспусков.

Принятые ранее обозначения в дальнейшем имеют индексы, соответствующие номеру расчетного створа. Тогда

$$M_{1-1} = \frac{Q}{H_1 b} b = \frac{Q_1}{H_1} K_b \text{ и } M_{2-2} = \frac{Q_2}{h b_2} b_2 = \frac{Q_{г.у}}{h}.$$

Выразив глубины воды в расчетных створах через напор над порогом отверстия, можно получить выражения

$$h = \frac{2}{3} H_0 \approx \frac{2}{3} H \text{ и } H_1 = \frac{H}{K_h},$$

где  $K_h$  — отношение статического напора над порогом головного устройства к полной глубине в створе.

Если выразить также расход воды в створе 1—1 через расход

$$Q_2 = Q_{г.у}, \text{ то } M_{1-1} = K \frac{Q_{г.у}}{H}; \quad M_{2-2} = \frac{3}{2} \frac{Q_{г.у}}{H},$$

откуда

$$M_{2-2} = \frac{3}{2K} M_{1-1}. \quad (4)$$

Согласно зависимости (4) даже при  $K_b = 1$ ,  $K_h = 1$  и  $K_Q = 1$ , модуль сплавоспособности на подходном участке (в створе 1—1) в 1,5 раза меньше, чем в головном устройстве (створе 2—2). Это вызывается наличием геометрического перепада на входе в головное устройство, уменьшающего глубину потока и соответственно увеличивающего скорость потока и бревен примерно в 1,5 раза.

Обычно головное сооружение лесоспуска возвышается над средним дном водохранилища, то есть  $K_h < 1$ . Ширина же сплавной трассы в створе  $I—I$ , вследствие установки наплавных лесонаправляющих сооружений, бывает меньше полной ширины потока в верхнем бьефе гидроузла, то есть так же  $K_b < 1$ . В этих условиях модуль сплавоспособности головного устройства оказывается в несколько десятков раз больше модуля сплавоспособности в створе на подходном участке.

Исходя из сказанного, оценку сплавоспособности лесопропускных устройств гидроузлов следует вести по подходному участку головного устройства, предусматривая в необходимых случаях соответствующие технические мероприятия для принудительного продвижения древесины в его пределах.

Вопрос о путях повышения пропускной способности подходного участка так же рассматривался в наших исследованиях и мы имеем в виду осветить его особо.

---

Поступила в редакцию  
17 января 1959 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДОВЫХ КАЧЕСТВ ВАГОНОВ-СЦЕПОВ ЦНИИМЭ-ДВЗ ДЛЯ ВЫВОЗКИ ЛЕСА В ХЛЫСТАХ

**Г. М. ВАСИЛЬЕВ**

Доцент, кандидат технических наук

**И. Г. ВОЛКОВ**

Инженер

(Уральский лесотехнический институт)

С начала 1958 г. в ряде леспромхозов Урала эксплуатируется новый подвижной состав лесовозных железных дорог — сцепы серии ЦНИИМЭ-ДВЗ, созданные коллективом научно-исследовательского института ЦНИИМЭ (Москва) совместно с Днепродзержинским вагоностроительным заводом им. газеты «Правда».

В новых сцепах впервые для лесовозных железных дорог были применены литые тележки с комбинированным рессорным подвешиванием.

Летом 1958 г. бригадой сотрудников Уральского лесотехнического института в Карпунинском леспромхозе проводились экспериментальные работы с целью оценки динамических и эксплуатационных качеств сцепов. Для проведения опытов были выбраны три участка на магистрали и семь участков — на ветках и усах. Опытные участки располагались на прямых отрезках пути и имели длину 100 м. Тип рельсов — Р18, длина звеньев 7—8 м.

Краткая характеристика конструкции и состояния опытных участков пути приведена в табл. 1.

Таблица 1

Балласт	Шпалы		Рельсы	Максимальные, мм			
	тип	количество шт. на 1 км	длина звена, м	перекос	упругая проеадка	зазор в стыках	ширина колес
Шлак . . . . .	II	1820	7	-17	9,1	23,5	764
Гравий . . . . .	II	1720	7	-16	17,3	3	765
	II	1760	7	+19	9,6	2	764
Опилки . . . . .	Б-III	1680	8	+17	13,4	24,0	765
" . . . . .	Б-III	1700	8	-19	22,3	24,5	765
" . . . . .	Б-III	1730	8	-25	19,0	21,0	763
" . . . . .	Б-III	1650	8	-34	16,7	22,0	766
" . . . . .	Б-III, Б-IV	1690	8	+42	37,8	25,0	768
" . . . . .	"	1710	8	+48	66,3	25,0	770
" . . . . .	"	1675	8	+55	59,2	21,0	766

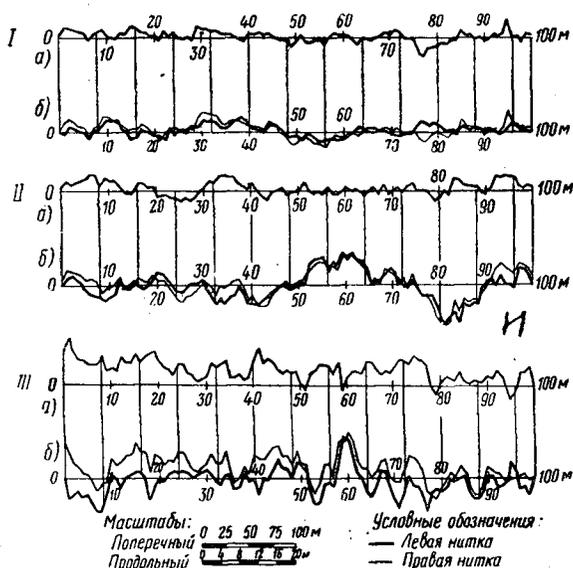


Рис. 1. Характеристика опытных участков пути в нагруженном состоянии.

I — опытный участок на магистрали; II — опытный участок на ветке; III — опытный участок на усах. Во всех случаях а — кривая перекосов; б — микропрофиль.

Путь на ветках забалластирован опилками; шпалы длиной 2,7—3 м обрезаны на два канта. Путь на усах не имел балласта, грунт земляного полотна на всех участках супесчаный, шпалы уложены такие же, как на ветках. Для оценки состояния пути на опытных участках произведены подробные замеры и наблюдения, которые в основном включали снятие микропрофиля обеих ниток и (при проходе подвижного состава) замер упругих просадок пути через каждый метр по методу ЦНИИ МПС. По полученным данным были построены полигоны распределения просадок для магистрали, веток и усов. Формы полигонов близки к кривой Гаусса; это говорит о том, что величина упругой просадки пути зависит от действия многих случайных причин.

В табл. 2 представлены данные о среднеарифметических значениях просадок пути на магистрали, ветках и усах, а также среднеквадратичные отклонения.

Таблица 2

Категория пути	Количество наблюдений	Среднеарифметическое значение $H_{ср}$ мм	Среднеквадратичное отклонение мм
Магистраль	587	4,28	1,92
Ветка	813	9,01	3,72
Усы	603	22,01	11,70

Данные о просадках пути и имеющиеся отметки микропрофиля по обеим рельсовым ниткам позволили построить микропрофиль пути в нагруженном состоянии, по которому, в свою очередь, были построены кривые перекосов пути. Образцы микропрофиля пути и кривые перекосов представлены на рис. 1. Вертикальные сплошные линии на фигуре указывают места стыков звеньев.

Микропрофиль пути в нагруженном состоянии и кривая перекосов показали, что отклонения пути от среднего уклона и перекосы достигают большой величины и значительно превосходят допускаемые по нормам. При исследовании были определены наиболее вероятные максимальные перекосы в зависимости от базовых размеров подвижного состава (рис. 2). При базе, равной 14—16 м, вероятный максимальный перекос на ветках и усах существенного различия не имеет; в случае короткой базы (особенно тележки) перекосы на ветках и на магистрали близки и составляют 20—25 мм, что значительно ниже, чем на усах.

Динамическим испытаниям подвергались три сцепа серии ЦНИИМЭ-ДВЗ и один сцеп платформ Лесосудомашстроя — для сравнения. Характеристики опытных сцепов приведены в табл. 3.

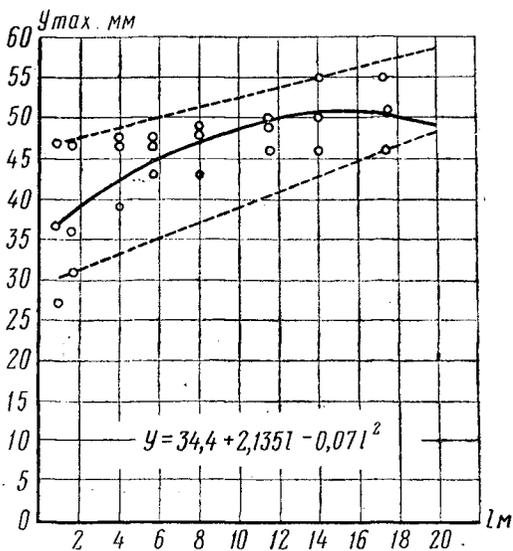


Рис. 2. Зависимость максимальных перекосов пути на усах от принятого базового размера.

Таблица 3

Заводской номер сцепа	Вес груза, т	Статический прогиб рессор, мм	Длина хлыстов, м	Число хлыстов, шт.	Объем ваза в м <sup>3</sup> (пл.)
1323-1624	18,6	17,8	21,1	33	24,9
1634-304	16,1	23,3	20,2	34	28,5
1339-1340	27,0	25,4	22,1	36	35,7
Сцеп платформ Лесосудомашстроя 129-90	12,5	14,0	20,0	48	16,2

При динамических испытаниях замерялись прогибы пружинных комплектов, перекосы боковин тележки; делались отметки пути и времени. Для записи этих величин применялся осциллограф МПО-2.

Замер прогибов рессорных комплектов осуществлялся с помощью обычных прогибомеров, которые были установлены на заднем по ходу движения полусцепе. Для записи перекоса боковин тележек прогибомер устанавливался на специальной рамке. Отметка пути производилась с помощью прерывателя, укрепленного на оси колесной пары. Счетчиком времени служили контактные часы, которые давали импульс через каждые 0,6 сек.

Испытания сцепов проводились на Хабаровчихинской ужд Карпунинского леспромхоза в июне 1958 г. Для опытных поездок леспромхоз специально выделил паровоз ПТ-4.

Поезд проходил по всем опытным участкам несколько раз с разными скоростями. Диапазон скоростей устанавливался следующий: 1) на магистрали 10—40 км/час; 2) на ветках — 10—30 км/час; 3) на усах 5—15 км/час. Кроме опытных участков испытывались отдельные случайные участки на магистрали, ветках и усах. При обработке осцилло-

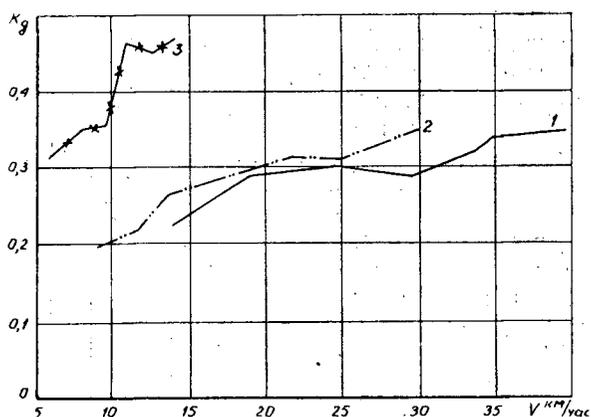


Рис. 3. Максимальные коэффициенты динамики сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ.

1 — магистраль; 2 — ветка; 3 — усы

грамм был произведен анализ колебаний сцепов и выделены отдельные виды колебаний. Вместе с тем замерялись максимальные деформации пружин и по ним подсчитывались коэффициенты динамики. По отметкам пути и времени определялась скорость движения на каждом участке.

В результате обработки осциллограмм было установлено, что при движении по магистрали со скоростью от 10 до 40 км/час сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ испытывают в основном колебания боковой качки. В некоторых случаях наблюдались колебания подпрыгивания с незначительной амплитудой. Они имели частоту  $38-40 \frac{1}{сек}$  и быстро затухали. Колебания боковой качки имели круговую частоту порядка  $3,5-4 \frac{1}{сек}$ , амплитуды их достигали 4,0 мм при скорости 30 км/час на магистрали.

При движении по веткам и усам на тех же скоростях деформации рессор были несколько больше, чем на магистрали.

В соответствии с полученными данными были определены коэффициенты динамической добавки для сцепов (ЦНИИМЭ-ДВЗ) при движении по магистрали, веткам и усам. Эти коэффициенты определялись по формуле

$$K_d = \frac{z_{max}}{f_{ст}}$$

где  $z_{max}$  — максимальная деформация пружинных комплектов, мм;

$f_{ст}$  — статический прогиб пружин полусцепа, мм.

На рис. 3 представлены данные о максимальных коэффициентах динамической добавки при движении по магистрали, веткам и усам, а на рис. 4 даны зависимости наиболее вероятных коэффициентов динамической добавки от скорости движения для тех же условий. Уравнения этих кривых имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{на магистрали } V &= 10-40 \text{ км/час, } K_d = 0,088 + 0,00446 V, \\ \text{на ветке } V &= 10-30 \text{ км/час, } K_d = 0,067 + 0,008 V, \\ \text{на усе } V &= 7-15 \text{ км/час, } K_d = 0,24 + 0,008 V. \end{aligned}$$

Одновременно с испытаниями сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ были проведены испытания сцепа платформ Лесосудомашстроя. При сравнении вы-

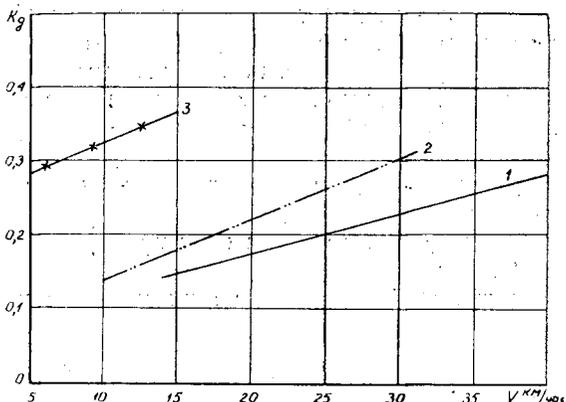


Рис. 4. Зависимость наиболее вероятных коэффициентов динамической добавки сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости движения.

1 — магистраль; 2 — ветка; 3 — усы.

яснилось, что ходовые качества сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ примерно соответствуют ходовым качествам этих платформ. По сравнению же со сцепами Алтайского завода\* сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ отличаются лучшими ходовыми качествами (максимальный коэффициент динамической добавки при их движении по усам равен 0,47 и при движении по магистрали 0,35, а у сцепов Алтайского завода, соответственно, 0,6 и 0,6). Небольшой коэффициент динамики сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ при движении по магистрали со скоростью до 40 км/час объясняется применением комбинированного рессорного подвешивания и большой базой полусцепы.

Судя по тому, что величина  $1 - k = 0,53 > 0,3$  при движении с допускаемыми скоростями по усам и по магистрали, можно сделать вывод, что сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ обладают достаточной устойчивостью при движении по лесовозным дорогам.

Опыт эксплуатации сцепов для вывозки леса в хлыстах показал, что сход с рельсов сцепов любой конструкции, особенно на временных путях, нередкое явление. Поэтому весьма важно, чтобы сцепы при сходе с рельсов не опрокидывались. Этим качеством сцепы серии ЦНИИМЭ-ДВЗ не обладают.

Тележки с литыми боковинами в принципе лучше поясных, так как позволяют снизить вес и повысить прочность.

Однако конструкция боковин, принятая для сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ, имеет крупные недостатки. Дело в том, что буксовый узел у них устроен аналогично этому узлу в вагонах МПС.

При сходе с рельсов и опрокидывании сцепы бруса, не имеющая специального крепления, выходит из направляющих и таким образом полусцеп разбирается на составные части. По нашему мнению, необходимо улучшить конструкцию тележки, устранить недостатки и перевести буксовый узел на роликовые подшипники, что значительно повысит эксплуатационную надежность сцепов.

Исследование ходовых качеств сцепов ЦНИИМЭ-ДВЗ позволяет сделать следующие выводы.

1. Коэффициент динамической добавки при движении сцепов по магистрали, веткам и усам с соответствующими допускаемыми скоростями не превосходит 0,47, следовательно, рессорное подвешивание в одинако-

\* Динамические испытания их были проведены нами на той же дороге в 1956 г.

вой мере приспособлено как для движения по магистрали, так и для движения по временным путям; сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ обладают достаточной устойчивостью при движении по лесовозным железным дорогам.

2. Устойчивость сцепов при сходе с рельсов недостаточна. Для увеличения устойчивости следует внести следующие конструктивные изменения:

- а) жестко закрепить съемными «струнками» буксовые узлы в челюстях боковин тележек;
- б) снизить центр тяжести сцепа за счет конструктивного изменения формы хребтовой балки;
- в) по возможности увеличить базы между скользунами тележки и коника.

---

Поступила в редакцию  
8 февраля 1959 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЕГО ПО ЛЕЖНЕВОЙ ДОРОГЕ

**И. И. ЛЕОНОВИЧ**

Ассистент

(Белорусский лесотехнический институт)

Динамическое воздействие автомобиля на лежневое покрытие лесовозной дороги можно представить как статическую нагрузку  $P_{ст}$ , умноженную на динамический коэффициент  $K_d$ , то есть

$$P_d = P_{ст} K_d. \quad (1)$$

Для определения динамического коэффициента необходимо рассмотреть колебания автомобиля, возникающие под воздействием внешних возмущающих сил. Эти силы зависят от величины и характера дорожных неровностей.

Для выяснения характера и определения величины неровностей автолежневого пути под воздействием подвижной нагрузки нами были проведены испытания на Шекшемской лесовозной дороге Костромской области и Мостовской лесовозной дороге Оленинского ЛПХ ЦНИИМЭ. На Шекшемской автолежневой дороге (протяжением 14 км), колесопроводы которой уложены на шпалах, при помощи рейки и масштабной линейки на характерном участке длиной 1 км были произведены замеры остаточных деформаций. Кроме того, определялись неровности лежневого пути, для чего использовались вибрографы ВР-1.

Произведенные замеры показали, что характерной для лежневого покрытия является неровность в виде порога. Величина порогов колеблется в значительных пределах, достигая 4 см и более. Вместе с тем установлено, что на лежневом покрытии вследствие неравноупругости грунтового основания имеется значительное количество единичных неровностей различной глубины и длины. Чаще всего их длина составляет 2—3 шпальных пролета (1,6—2,5 м) и глубина равна 2—4 см. Произвольное их чередование и различие в размерах не позволяют выразить этого рода неровности в виде определенной закономерности.

Записи просадок лежневого покрытия вибрографами при движении подвижного состава показали характер неровностей лежневого покрытия в динамике. На стыке виброграмма имела скачок с амплитудой 5—7 см.

Вибрографы, установленные под шпалами в середине пролета, дали возможность записать и абсолютные просадки шпал. Путем сравнения показаний отдельных вибрографов определялась величина еди-

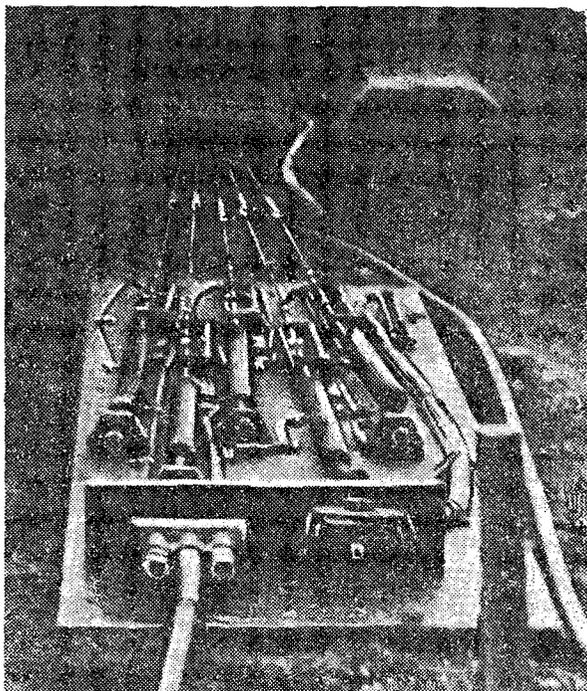


Рис. 1. Панель реохордных датчиков для определения просадок лежневого покрытия.

нических неровностей. По величине единичные просадки в динамике не превышали 5 см. Длина неровностей при этом достигала 2,5 м. С помощью вибрографов, установленных под шпалой и в промежутках между шпалами, было выявлено, что даже при расстоянии между шпалами 0,8—1,0 м лежни колесопроводов имеют несколько меньшую (на 3—5 мм) просадку в сечении над шпалами, чем посередине шпально-го пролета.

Проведенные в 1958 г. дорожной лабораторией ЦНИИМЭ с участием автора экспериментальные исследования работы лежневого покрытия под воздействием автомобиля МАЗ-501 на опытных участках Мостовской лесовозной дороги подтверждают характер неровностей лежневого покрытия, установленных ранее на Шекшемской лесовозной дороге.

При этих исследованиях для записи просадок были использованы реохордные датчики (рис. 1) и тензометрическая установка ОТ-24-51. Ползунки датчиков крепились к лежням. Сечения щита для измерения просадок были выбраны с таким расчетом, чтобы можно было установить неровность покрытия под воздействием движущегося автомобиля. От конца щита они располагались на расстоянии 6, 54, 174 и 320 см.

О величинах просадок щита длиной 6,4 м, полученных при обработке осциллограмм, можно судить по данным табл. 1, в которой приведены в качестве примера просадки центрального бруса (14×17) колесопровода при движении по покрытию автопоезда (МАЗ-510, 1-Р-8 и  $Q = 13$  т) со скоростью 2,1 км/час и при укладке щита на девяти, пяти и трех шпалах.

Таблица 1

Количество шпал под щитом $L=6,4$ м.	Среднее значение просадок в мм для сечений, удаленных от конца щита на расстояние, см			
	6	54	174	320
9	13,2	10,7	6,8	4,6
5	10,0	9,6	9,9	5,9
3	8,7	12,3	20,0	5,2

Аналогичные данные получены для других брусев щита и при других скоростях движения подвижного состава. Абсолютное же значение просадок зависит от скорости движения. Максимум (на стыке 25 мм) они достигают при скорости 8—16 км/час. Неровности лежневого покрытия на Мостовской дороге меньше, чем на Шекшемской. Это обстоятельство объясняется различием конструкций покрытия, почвенно-грунтовыми условиями, а также тем, что при постройке покрытия на Мостовской дороге соблюдались технические условия, чего не было на Шекшемской дороге. Осциллограммы просадок и данные табл. 1 подтверждают наличие пороговых неровностей на стыках и отдельных просадок шпал, вызванных неравноупругостью грунтового основания.

Наряду с экспериментальными исследованиями, в Оленинском лес-промхозе было проведено визуальное обследование действующих участков лежневого покрытия. Неровности измерялись нивелиром. На обследованных участках лежневое покрытие состояло из щитов с гребенчатым стыком (конструкции ЦНИИМЭ), уложенных на пристыковые шпалы. Кроме порогов на стыках характерной неровностью для данной конструкции является волнообразный продольный профиль с длиной волны равной длине щита (6,5) и высотой гребня 15—20 см. Средняя часть щитов, опирающаяся непосредственно на грунт, имела значительные остаточные деформации. Под действием колес подвижного состава деформация покрытия еще больше возрастала, однако форма неровностей оставалась прежней.

Наблюдения за работой лежневого покрытия, а также теоретические и экспериментальные исследования показывают, что неровности в виде порогов на лежневых дорогах по характеру своего воздействия на подвижной состав могут быть аппроксимированы в виде импульса силы, единичные неровности — в виде параболического закона (длина параболы равняется двум-трем шпальным пролетам), возмущения и систематические относительные просадки между шпалами — в виде синусоидального закона (при длине волны синусоиды равной расстоянию между смежными опорами).

Колебания грузового автомобильного поезда при движении его по дороге обычно выражается системой дифференциальных уравнений. Однако данные проф. Г. В. Зимелева [3] и других ученых показывают, что при определенном распределении масс задача может быть значительно упрощена и сведена к рассмотрению колебаний масс, приходящихся на заднюю ось, как имеющих максимальное значение. Приемлемость этого положения для лесовозных автомобилей была проверена методом Б. Г. Гастева [1]. Проверка показала, что коэффициенты связи для автомобилей МАЗ близки к нулю ( $< 0,25$ ) и поэтому колебания осей подвижного состава можно рассматривать независимо друг от друга. Если принять это условие и пренебречь внутренними сопротивлениями в системе, как не оказывающими существенного влияния на максимум амплитуды в начальный период, то уравнение колебаний будет иметь вид:

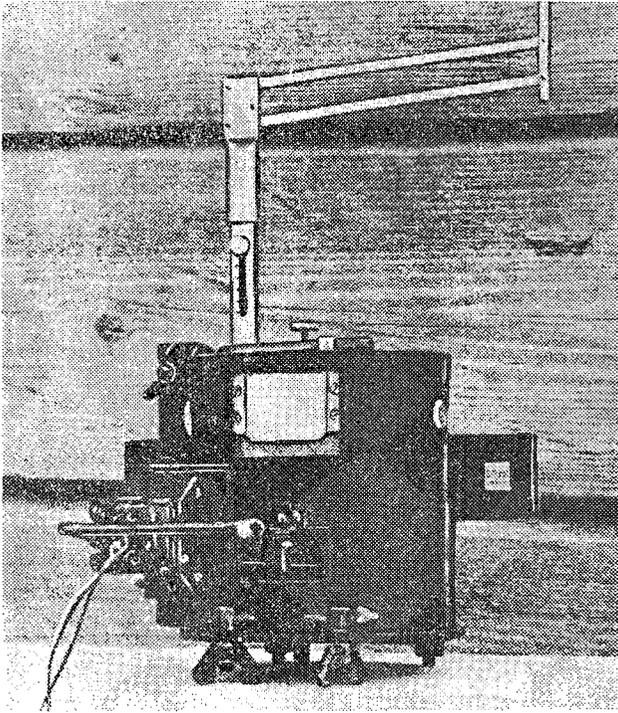


Рис. 2. Виброграф ВР-1 с приспособлениями.

$$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = f(t), \quad (2)$$

где  $M$  — подрессоренная масса, в  $\text{кг} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{сек}^2$ ;  
 $L$  — амплитуда, в  $\text{см}$ ;  
 $t$  — время, в  $\text{сек}$ ;  
 $C$  — приведенная жесткость шин и рессор, в  $\text{кг} \cdot \text{см}$ ;  
 $f(t)$  — функция внешней возмущающей силы, в  $\text{кг}$ .

Это уравнение является, конечно, приближенным, так как в нем не учитывается упругость пути.

Первым этапом в решении вопроса о динамическом воздействии автомобиля на лежневое покрытие является рассмотрение свободных колебаний, вторым — рассмотрение вынужденных колебаний.

Определение динамического воздействия автомобиля на лежневое покрытие при вынужденных колебаниях основывается на решении неоднородного дифференциального уравнения (2). При этом в первую очередь необходимо найти общий интеграл уравнения. Постоянные интегрирования определяются из начальных условий. Затем полученное решение дважды дифференцируется и определяется ускорение колеблющихся масс. Путем умножения ускорения на величину колеблющихся масс находится динамическая добавка  $F_{\text{max}}$ . После этого динамический коэффициент определится из выражения

$$K_d = \frac{P_{\text{ст}} + F_{\text{max}}}{P_{\text{ст}}}. \quad (3)$$

Таблица 2

Вынужденные колебания при характере возмущающей силы в виде				
Наименование	Свободные колебания	импульсы	параболы	синусоиды
Уравнение колебаний	$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = 0$	$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = \int_0^t f(t) dt$	$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL = hC(1 - \gamma^2 t^2)$	$M \frac{d^2L}{dt^2} + CL =$ $= hC(1 - \cos 2\pi \frac{vt}{S})$
Ускорение $L''$	$A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$	$\frac{M_{\text{нп}}}{M} \omega v \operatorname{tg} \alpha \sin \omega t$	$h\omega^2 \left(1 + \frac{2\gamma^2}{\omega^2}\right) \cos \omega t - 2h\gamma^2$	$\frac{h\omega^2 \gamma^2}{v^2 - \omega^2} \cos \omega t$
Максимальное ускорение $L''_{\text{max}}$	$A\omega^2$	$\frac{M_{\text{нп}}}{M} \omega v \operatorname{tg} \alpha$	$h(\omega^2 + 4\gamma^2)$	$\frac{h\omega^2 \gamma^2}{v^2 - \omega^2}$
Максимальная динамическая добавка $F_{\text{max}}$	$MA\omega^2 = AC$	$M_{\text{нп}} \omega v \sqrt{\frac{R^2 - (R_K - h_0)^2}{(R_K - h_0)^2}}$	$Mh(\omega^2 + 4\gamma^2)$	$\frac{Mh\omega^2 \gamma^2}{\omega^2 - \gamma^2}$

Обозначения:  $A$  — амплитуда колебаний в см;  $\varphi$  — начальная фаза колебаний;  $\omega$  — частота собственных колебаний, равная  $\omega = \sqrt{\frac{C}{M}}$  сек<sup>-1</sup>;  $h$  — амплитуда неровностей в см;  $S$  — длина неровностей в см;  $\gamma$  — частота возмущающей силы в сек<sup>-1</sup>;  $h_0$  — высота портовой неровности в см;  $R$  — радиус недеформированного колеса в см;  $R_K$  — радиус качения колеса в см;  $M_{\text{нп}}$  — неподдрессоренная масса в кг·см<sup>-1</sup>·сек<sup>2</sup>;  $v$  — скорость движения автомобиля в см·сек<sup>-1</sup>.

Расчетные формулы, необходимые для вычисления коэффициента динамического воздействия автомобиля на лежневое покрытие, приведены в табл. 2. Вынужденные колебания автомобиля рассматривались с учетом наличия неровностей покрытия, имеющих параболический и синусоидальный характер, а также при наличии импульса силы в стыковых соединениях.

Используя формулы (табл. 2), можно определить динамический коэффициент для лесовозного автомобиля МАЗ-200, имеющего следующие расчетные характеристики:

Приведенная жесткость задней подвески	342 кг·см <sup>-1</sup>
Вес неподрессоренных масс заднего моста	1520 кг
Вес поддрессоренных масс заднего моста	8450 »
Радиус недеформированного колеса	56,9 см
Радиус качения колеса	53,5 »

Вычисления дают значение динамического коэффициента в зависимости от скорости автомобиля и характера дорожных неровностей. Так, при движении груженого автомобиля МАЗ-200 по лежневому покрытию со скоростью 20 км/час коэффициент имеет следующее значение:

Таблица 3

Характер возмущающей силы в виде	Характеристика дорожных неровностей			Динамический коэффициент $K_d$
	высота в см	длина в см	частота в сек <sup>-1</sup>	
Синусоиды	1	200	17,5	1,04
	2	200	17,5	1,08
	3	200	17,5	1,12
	4	200	17,5	1,16
	5	200	17,5	1,20
Параболы	1	200	2,8	1,06
	2	200	2,8	1,12
	3	200	2,8	1,18
	4	200	2,8	1,24
	5	200	2,8	1,31
Импульсов	1	650	0,86	1,23
	2	650	0,86	1,26
	3	650	0,86	1,28
	4	650	0,86	1,31
	5	650	0,86	1,33

С изменением скорости движения автомобиля динамический коэффициент меняет свою величину.

Для определения фактического характера колебаний подвижного состава при движении его по лежневому покрытию были проведены опыты. Опыты проводились на упомянутых выше дорогах с использованием автомобилей МАЗ-200 и МАЗ-501 при скоростях движения 15, 20 и 30 км/час. Регистрация колебаний осуществлялась вибрографами со специальными приспособлениями для крепления их к раме автомобиля, для дистанционного включения и для редуцирования амплитуд колебания (рис. 2). В результате опытов получены виброграммы, анализ которых показывает, что колебания носят затухающий характер. Частота их находится в пределах от 4 до 6 сек<sup>-1</sup>. Максимальное значение амплитуд колебаний, по величине которых можно судить о максимальном динамическом воздействии автомобиля на лежневое покрытие, достигает 50 мм для порожнего автомобиля и 15—20 мм — для груженого автомобиля.

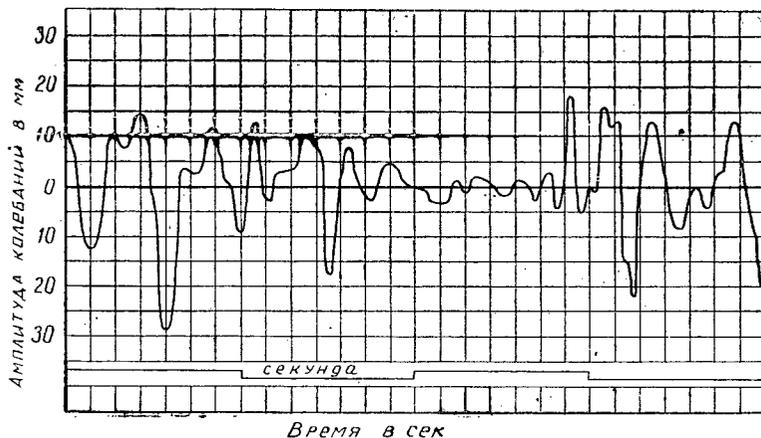


Рис. 3. Виброграмма колебаний поддресоренных масс автомобиля МАЗ-200 в порожнем состоянии.

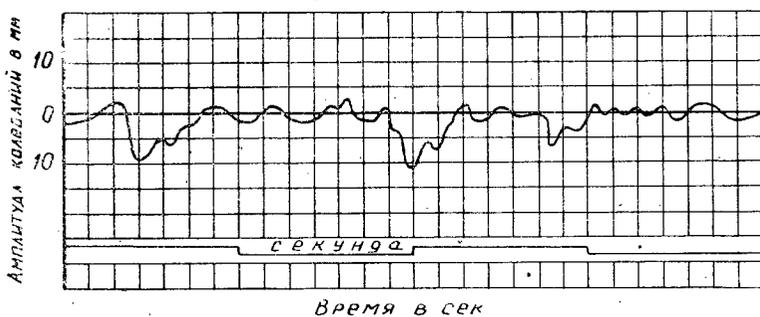


Рис. 4. Виброграмма колебаний поддресоренных масс груженого автомобиля МАЗ-200.

На рис. 3 приведен пример записи колебаний заднего моста автомобиля при движении его со скоростью 20 км/час по дороге с синусоидальным характером неровностей (длина неровности 1 м и высота 3—4 см). Согласно этой виброграмме динамический коэффициент равен 1,13. Колебания груженого автомобиля (рис. 4) записаны при скорости движения 15 км/час на участке дороги, имеющем синусоидальный характер неровностей (длина 1 м и высота 1 см). Динамический коэффициент в этом случае составляет 1,04.

Сравнивая результаты проведенных экспериментов с расчетными данными по определению коэффициента динамичности, можно видеть, что они имеют близкое сходство. В силу этого приведенные в табл. 2 расчетные формулы могут быть использованы в качестве первого приближения к определению величины динамического коэффициента для лежневых покрытий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Г. Гастев. Некоторые вопросы теории перевозок древесины в хлыстах на лесовозных дорогах. Диссертация на соискание ученой степени д-ра техн. наук, 1955.  
 [2]. ДЖ. Н. Ден-Горток. Теория колебаний. ГТТЛ, 1942. [3]. Г. В. Зимелев. Теория автомобиля. Воениздат, 1957.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСПЕРСНОСТИ ДРЕВЕСНОУГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

**Б. Г. ЧИГИРЬ**

Кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Проблема эффективного использования древесины, кроме ряда специальных мероприятий, предусматривает максимальную утилизацию древесных отходов, составляющих, как известно, весьма большую величину.

Одним из путей рационального использования древесных отходов является химическая их переработка с получением продуктов, необходимых народному хозяйству, в том числе силового газа. Последний может быть использован как топливо в промышленных печах различного типа, в паровых и газотурбинных установках, двигателях внутреннего сгорания и т. п. Во всех случаях необходимо производить ту или иную очистку газа, успех которой теснейшим образом связан со знанием физико-химических характеристик частиц, засоряющих газ. И если механизм очистки не соответствует микроструктуре пылевой фазы, то обычно коэффициенты очистки газа всегда низки:  $\eta = 0,60-0,85$  [3], [4], [5], [7].

Несмотря на большое количество работ по вопросу очистки промышленных газов, исследований их запыленности (особенно силового газа, получаемого из древесины) все еще недостаточно. До последнего времени не выяснены полный состав пылевой фазы, ее степень дисперсности, аэродинамические свойства и т. п.

В этой работе приводятся сравнительные результаты исследований древесноугольной пыли, проведенных различными авторами. Для определения размеров частиц пыли применялись ситовой, седиментационный, микроскопический и микропроекционный методы анализа.

С 1949 г. в Научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) проводились испытания циклона типа НИОГАЗ-НАМИ, для чего воздух искусственно насыщался древесноугольной пылью до концентрации, равной в среднем  $1 \text{ г/л.м}^3$ . Дисперсная фаза готовилась из древесного угля с  $\gamma = 1,459 \text{ г/см}^3$ , который в течение нескольких часов размалывался на шаровой мельнице и пропускался через сито с ячейками размером  $64 \text{ мк}$ .

Для определения дисперсного состава применялся седиментационный метод с использованием весов системы Фигуровского.

В Архангельском лесотехническом институте Н. Я. Кудряшовым [5] было проведено лабораторное исследование работы циклонного очистителя.



Рис. 1.

теля НИОГАЗ-НАМИ с целью установления его фракционных к.п.д. при разных расходах газа (от 20 до 130 м<sup>3</sup>/час), для чего использовалась угольная пыль, полученная из обожженной древесной стружки. Действительный удельный вес пыли, определенный при помощи пикнометра, составлял 1,18 г/см<sup>3</sup>. Концентрация запыливания была равной 2,5 г/м<sup>3</sup>. Определение частиц более 10 мк производилось методом отмучивания в приборе Сабанина; для установления дисперсного состава мелкой пыли (от 0 до 100 мк) был использован прибор системы Фигуровского.

В специальном исследовании [9] автор настоящей статьи для проведения дисперсионного анализа применил микроскопический метод; при этом был охвачен весь диапазон размеров частиц, засоряющих генераторный газ (от 0 до 500 мк), что позволило выявить, условно говоря, самые мельчайшие частицы.

Отбор пробы осуществлялся непосредственно из двигающегося потока газа на специально подготовленное предметное стекло, помещенное в газоход. Всего для определения дисперсности было взято 50 двойных проб, которые анализировались при помощи окуляр-микрометра и микропроеекционным методом (рис. 1). Посредством иммерсионного увеличения в 1350 раз удалось наблюдать частицы размером 0,2—0,3 мк, которые были зафиксированы на микрофотографиях [9]. Результаты ситового, седиментационного и микроскопического анализов приведены в табл. 1. Графо-аналитическим методом был определен вес частиц, обнаруженных с помощью микроскопа. При этом была выявлена средняя степень дисперсности пыли, загрязняющей генераторный газ, получаемый в транспортных установках. Она равна  $d'_{ср} = 33—58$  мк.

Анализируя таблицу, можно сказать следующее. Ситовой анализ показал, что наибольшее количество частиц приходится на долю мелких фракций (до 57 мк). Результаты седиментационного анализа (в обоих случаях) показывают, что ~46% частиц составляют самые мелкие пылинки. Микроскопическим методом обнаружено около 22% частиц размером менее 1 мк.

Таблица 1

Место проведения и вид анализа	Размер частиц в мк	Количество в %
Н А М И Ситовой	57	77,2
	57—82	2,4
	82—133	3,2
	133—225	2,2
	225—325	1,8
	325—425	1,2
	425	12,0
Седиментационный	0—5	46
	5—10	20
	10—20	7
	20—30	7
	30—50	7
	50	13
А Л Т И Седиментационный	0—17	46,5
	17—33	21,5
	33—50	6,5
	50—66	4,0
	66—83	3,0
	83	18,5
Л Т А Микроскопический	1	22,4
	1—5	24,6
	5—10	8,5
	10—20	13,9
	20—30	8,8
	30—40	4,6
	40—50	3,0
	50—100	9,8
	100—150	3,1
	150—200	0,9
	200—250	0,2
	250	0,2

Сравнивая данные различных авторов, легко убедиться, что несмотря на разные методы проведения дисперсионного анализа и разные условия взятия проб пыли на анализ, содержание частиц древесно-угольной пыли размером до 50 мк, близки, а именно:

а) данные ситового анализа (в % по весу)	77,2
б) » седиментационного	87,0
	74,5
в) » микроскопического (в % по числу частиц)	85,8

Проведенные исследования показывают, что пыль состоит в основном из мелкодисперсных фракций.

По данным Ленинградского института охраны труда [1], мельчайшие частицы (до 10 мк) наиболее вредны для дыхательных органов человека и (как показывают теоретические расчеты) почти не улавливаются очистителями центробежного типа [5].

Наличие в генераторном и других газах [7] значительного количества частиц размером менее 1 мк обуславливает изыскание новых методов их очистки, имеющих такой механизм явлений, при котором смогли бы происходить предварительные укрупнения частиц, а затем их оседание и надежное удаление. Указанным требованиям частично удовлетворяют электростатическое осаждение частиц, а также применение ультра-

звука для очистки газа. Первые опыты по очистке генераторного газа посредством ультразвука проводились в 1957—1958 гг. кафедрой физики Лесотехнической академии и дали обнадеживающие результаты.

Надо полагать, что подобные новые методы улавливания аэрозолей позволят более успешно решить проблему очистки промышленных газов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Е. А. Вигдорчик. Вес, число и размеры пылевых частиц при анализе пыли на производстве. «Труды и материалы ЛИОТ», т. VI, вып. 7, 1933. [2]. М. С. Коренев. Очистка газа в древесных транспортных газогенераторах. «Автотракторное дело» № 12, 1939. [3]. М. С. Коренев. Тонкая очистка древесного генераторного газа от механических примесей сблём колец Рашига. «Труды НАТИ», вып. 45, 1947. [4]. П. А. Коузов. Очистка воздуха от пыли в циклонах, 1938. [5]. Н. Я. Кудряшов. Исследование работы циклонного очистителя НИОГАЗ-НАМИ. Диссертация, АЛТИ, 1957. [6]. Б. А. Маянц. Результаты испытаний нового механического золоуловителя (турбофилтра). «Энергохозяйство за рубежом» № 4, 1958. [7]. «Труды совещания по очистке промышленных газов», 1940, 1941 и 1951. [8]. Б. Г. Читирь. Исследование запыленности генераторного газа в установках лесотранспортных машин. Диссертация, ЛТА, 1953.

---

Поступила в редакцию  
1 января 1959 г.

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИКОВ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ В УСЛОВИЯХ ЛЕСА

**В. Н. ГАНЬШИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Сталинградский институт инженеров городского хозяйства)

**Л. С. ХРЕНОВ**

Профессор, доктор географических наук

(Московский институт инженеров водного транспорта)

Значение геодезической опорной сети при топографических работах общеизвестно. В условиях леса создание такой сети как съемочного обоснования приобретает особое значение. В связи с этим заслуживает внимания метод четырехугольников без диагоналей, рекомендуемый И. В. Зубрицким [3], [4], [5], [6]. Названный метод может найти применение в лесных съемках и в практике лесоинженерного и строительного дела.

Выводя свои формулы, И. В. Зубрицкий [3], [6] исходил из построения вспомогательных треугольников, образуемых путем продолжения двух несмежных сторон четырехугольника до их пересечения. Поэтому у некоторых геодезистов возникло сомнение в пригодности этих формул для прямоугольников. С этим, конечно, согласиться нельзя. Действительно, если в формулы И. В. Зубрицкого подставить значения  $A = B = C = D = 90^\circ$ , то будет получен правильный ответ, а именно:

$$S = \infty; c = a \text{ и } d = b \text{ (рис. 1).}$$

Четырехугольник  $ABCD$  (рис. 2), в котором измерены две стороны ( $a$  и  $b$ ) и углы при трех (четырех) его точках  $A$ ,  $D$  и  $C$ , решается сравнительно легко и на сфере. Естественный путь сводится к решению сначала треугольника  $ACD$  по двум сторонам и углу между ними, а затем треугольника  $ABC$  по стороне и двум прилежащим углам [7].

В первом случае представляется целесообразным первоначально вычислить углы  $A_1$  и  $C_1$ , а затем уже определить сторону  $AC$  по обычным формулам, например, по известной теореме Лежандра (в работе [7] рекомендуется несколько другой путь решения).

Что касается углов  $A_1$  и  $C_1$ , то для их определения может быть использована формула котангенсов:

$$\operatorname{ctg} A_1 = \frac{\operatorname{ctg} a \cdot \sin b - \cos b \cdot \cos D}{\sin D},$$

где стороны  $a$  и  $b$  должны быть выражены в радианах.

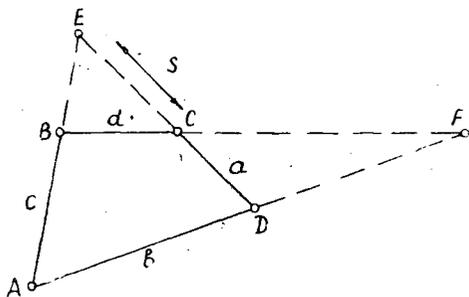


Рис. 1.

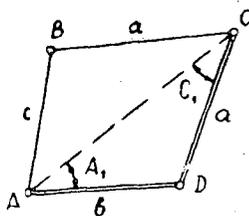


Рис. 2.

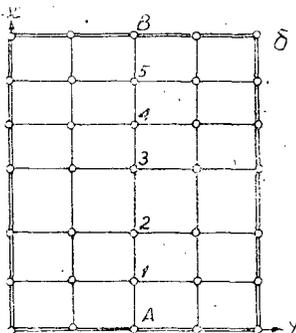
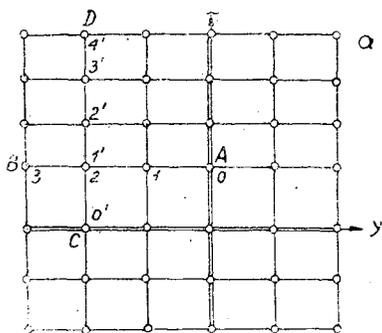


Рис. 3.

Пренебрегая членами порядка квадрата сферического избытка, найдем:

$$\operatorname{ctg} A_1 = \frac{b}{a \sin D} \left( 1 - \frac{a^2}{3} - \frac{b^2}{6} \right) - \operatorname{ctg} D \left( 1 - \frac{b^2}{2} \right).$$

Если допустить, что  $b \approx a$  или что  $D \approx 90^\circ$ , то

$$\operatorname{ctg} A_1 = \left( \frac{b - \cos D}{a \sin D} \right) \cdot \left( 1 - \frac{a^2}{3} - \frac{b^2}{6} \right),$$

равным образом

$$\operatorname{ctg} C_1 = \left( \frac{a - \cos D}{b \cdot \sin D} \right) \cdot \left( 1 - \frac{a^2}{6} - \frac{b^2}{3} \right).$$

Безусловно, решение четырехугольника без диагоналей как на плоскости, так и на сфере сложнее и менее точно, чем решение «четырехугольника с диагональю», то есть смежных треугольников.

Поэтому возражения [7] против метода И. В. Зубрицкого, как метода обобщающего, имеют основание. Однако нельзя не согласиться, что этот метод позволяет развить на местности геодезическую опорную сеть как съемочное обоснование в тех случаях, когда четырехугольники с диагоналями (то есть триангуляция) оказываются невозможными к построению совершенно (например, в условиях прямоугольных лесных и городских кварталов) или менее рентабельны в сравнении с методом И. В. Зубрицкого. Кроме того, метод четырехугольников без диагоналей представляется весьма перспективным при разбивке строительных сеток на строительных площадках, где применение «сетей Зубрицкого» приводит к значительной экономии средств на эти работы\*.

\* По данным некоторых производственных организаций, эта экономия достигает 40–50%.

Метод И. В. Зубрицкого может иметь практическую ценность при следующих, например, условиях. Допустим, что опорная сеть состоит из прямоугольников, линейные измерения выполнены лишь по некоторым основным ходам (рис. 3)\*, а угловые произведения на всех вершинах е-ти. Считая, что координаты вершин, лежащие на основных ходах, вычислены обычным методом полигонометрии и положив, что угловые измерения уравниены за условия фигур и азимутов, например, по способу В. В. Попова [9], можно предложить простой и, вместе с тем, достаточно строгий метод определения координат всех остальных дополнительных пунктов [1].

Для простоты положим, что направления координатных осей приближенно совпадают с направлениями ходов сети; тогда для точек, лежащих не на основных ходах (длины линий которых не измерялись), координаты  $x$  вычисляются по ходам, идущим параллельно оси  $y$ -ов, а координаты  $y$ -по ходам, идущим параллельно оси  $x$ -ов.

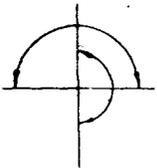


Рис. 4.

Сеть, представленную на рис. 3, а, надлежит рассматривать как систему висячих ходов, каждый из которых опирается на твердую точку, расположенную на одном из двух пересекающихся основных ходов. Условия взаимного пересечения этих висячих ходов при вычислении в расчет не принимаются, то есть после производства предварительного уравнивания допускается, что угловые измерения на каждом дополнительном пункте представлены двумя несвязанными между собою углами (рис. 4).

Занумеровав точки висячего хода последовательно номерами  $0, 1, 2, 3, \dots, n$ , где  $0$  соответствует твердому пункту с координатами (на рис. 3, а по ходу  $AB$  пункты  $0, 1, 2, 3$ ), найдем:

$$x_i = x_0 + \sum_{v=1}^i l_v \cos \alpha_v$$

для ходов, идущих параллельно оси  $y$ , и для ходов, идущих параллельно оси  $x$

$$y_i = y_0 + \sum_{v=1}^i l_v \sin \alpha_v$$

(на рис. 3, а — по ходу СД пункты  $0', 1', 2', 3', 4'$ ). Причем  $l_v$  — приближенная длина  $v$ -й линии висячего хода (считается величиной данной), а  $\alpha_v$  — предварительно уравненное значение дирекционного угла ее направления. Для ходов, параллельных оси  $y$  (служащих для вычисления  $x_i$ ) величина  $\alpha_v$  близка или к  $90^\circ$ , или к  $270^\circ$ . Обозначая малые углы  $(90^\circ - \alpha_v)$  или  $(\alpha_v - 270^\circ)$  через  $\Delta\alpha_v$  найдем

$$x_i = x_0 + \sum_{v=1}^i l_v \sin \alpha_v$$

или

$$x_i = x_0 + \sum_{v=1}^i \frac{l_v \Delta\alpha_v}{\rho''}$$

\* На рис. 3 двойные линии соответствуют основным ходам.

Равным образом, для ходов, параллельных оси  $x$  (служащих для вычисления значений  $y_i$ ), величина  $\alpha_v$  близка к  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ) или к  $180^\circ$ . Обозначая малые углы  $(\alpha_v - 360^\circ)$ ,  $(\alpha_v - 0^\circ)$  или  $(180^\circ - \alpha_v)$  через  $\Delta\alpha_v$ , получим

$$v_i = y_0 + \sum_{v=1}^i L_v \sin \alpha_v$$

или

$$y_i = y_0 + \sum_{v=1}^i \frac{L_v \Delta\alpha_v}{\rho''}$$

Возможность использования приближенных значений для длин линий  $L_i$  обусловлена тем, что величины  $\frac{L_v \Delta\alpha_v}{\rho''}$  будут весьма малыми.

В случае построения сети типа, представленного на рис. 3,б, возникает необходимость в уравнении координат, так как вычислять значения  $x_i$  или  $y_i$  можно только от двух крайних точек, принадлежащих основным ходам, например, от точек  $A$  и  $B$ . Здесь можно рекомендовать следующий, достаточно строгий прием. Начиная вычисления от одной из твердых точек ( $A$ ), находят значение другой — конечной точки хода ( $B$ ). Сравнивая это значение с заданным, можно определить невязку в координатах, которую распределяют по приращениям пропорционально длинам линий и с учетом условных весов последних. При этом стороны, примыкающие к пунктам основного хода, имеют вес, равный единице, а последующие веса, равные соответственно  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/4$  и т. д., где вес  $\frac{1}{n}$  соответствует  $n$ -й стороне хода, считая от ближайшего к ней твердого пункта.

Например, для хода  $AB$  вес, равный единице, имеет стороны  $A-1$  и  $B-5$ ; вес, равный  $1/2$ , имеют стороны  $1-2$ , и  $5-4$ , а стороны  $2-3$  и  $4-3$  имеют вес, равный  $1/3$ .

Иначе говоря, невязка распределяется пропорционально величинам  $L_i = i \cdot l_i$ ; где  $l_i$  — длина стороны хода, а  $i$  — ее номер от ближайшего твердого пункта.

Рассмотренная схема построения опорных сетей безусловно должна найти применение при съемке лесных массивов с прямоугольной разбивкой на кварталы, а в инженерной практике при разбивке строительных сеток [1], [2].

Здесь не анализируется метод И. В. Зубрицкого со стороны его применения, в качестве геодезического обоснования вообще, имея в виду обеспечение топографических съемок различного масштаба. Однако на возможность такого применения способа четырехугольников без диагоналей указывается в статье А. И. Кобылина [8], в которой, по существу, излагается тот же метод И. В. Зубрицкого. Что касается оригинальных исследований в указанной работе [8], то они сводятся к уравниванию углов некоторой стандартной системы, представляющей ряд двояный ряд четырехугольников. С математической точки зрения задача, рассмотренная А. И. Кобылиным [8], имеет некоторый интерес, однако использовать эти выводы практически весьма затруднительно, так как формулы А. И. Кобылина должны претерпевать изменения каждый раз в зависимости от общей конфигурации ряда и различной комбинации измеренных сторон.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. Н. Ганьшин. Построение строительной сетки методом угловых засечек. «Геодезия и картография» № 10, 1958. [2]. Б. И. Гержула. Геодезия в промышленном строительстве. Геозиздат, 1957. [3]. И. В. Зубрицкий. Опорные сети в виде четырехугольников. Труды Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, т. 1, 1947. [4]. И. В. Зубрицкий. О методе четырехугольников в геодезии. Труды Белорусской сельскохозяйственной академии, т. XIII, 1948. [5]. И. В. Зубрицкий. Теоретические основы построения геодезических сетей из четырехугольников. Труды Белорусской сельскохозяйственной академии, т. XVIII, 1952. [6]. И. В. Зубрицкий. Метод четырехугольников без диагоналей в геодезии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, 1957. [7]. А. А. Изотов. О методе четырехугольников в геодезии. «Геодезия и картография» № 5, 1958. [8]. А. И. Кобылин. Уравнивание системы четырехугольников. Известия высших учебных заведений, раздел «Геодезия и аэрофотосъемка», вып. 3, 1958. [9]. И. И. Кулчинов. Разбивка строительной сетки при строительстве крупных промышленных предприятий. Информационно-технический бюллетень по вопросам строительства и пути, вып. IV, 1956.

Поступила в редакцию  
15 апреля 1959 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ДВУХПОЗИЦИОННЫЙ РЕГУЛЯТОР В АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЛТА-2 ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В. И. САНЕВ

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Автоматическая линия ЛТА-2 была создана коллективом кафедры станков и инструмента Ленинградской лесотехнической академии в период 1954—1956 гг. под руководством доктора технических наук, профессора А. Э. Грубе. Линия построена на базе существующего оборудования общего назначения с включением агрегатных устройств для выполнения позиционных операций и является переменнопоточной с гибкой межстаночной связью. Впервые связь станков в линии осуществлена на основе использования принципа двухпозиционного регулирования.

Автоматическая линия ЛТА-2 предназначена для обработки криволинейных деталей столярного стула. В ее состав входят: автоматический питатель, фуговальный станок, строгально-калевоочный станок, механизм загрузки карусельного станка, карусельный станок, механизм выгрузки карусельного станка, фрезерно-торцовочное устройство, ритмопитатель-компенсатор, гнездо-фрезерный станок. При обработке передних ножек стула на линии ритм равен 10 сек. В результате проведения работы по технологической синхронизации было обеспечено условие связи в форме

$$P_1 \cong P_2 \cong P_3 \cong \dots \cong P_6,$$

где  $P$  — производительности участков в шт./мин.

При связывании строгального и карусельного станков в линию применен принцип двухпозиционного автоматического регулирования с постоянной скоростью сервопривода.

Общий вид механизма загрузки карусельного станка показан на рис. 1. В состав механизма загрузки входят следующие блоки: сварная станина, вертикальный компенсационный магазин (объект регулирования), вилочный толкатель, привод автоматического регулятора, блок настройки регулятора и блок управления загрузкой карусельного станка.

Работа загрузочного устройства с регулятором осуществляется следующим образом. Заготовки от строгального станка поступают по лотку в вертикальный компенсационный магазин (рис. 2). Средний уровень заготовок в магазине соответствует установленному режиму работы смежных участков. Выдача заготовок из магазина на стол кару-

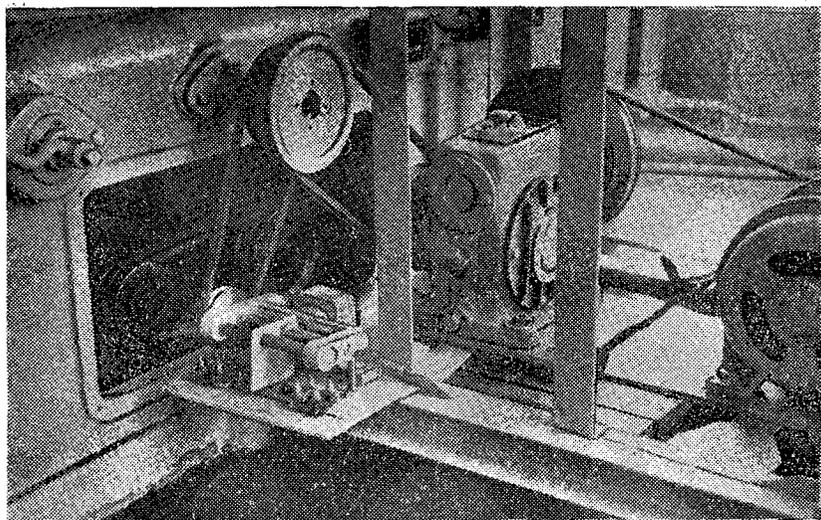


Рис. 1. Общий вид механизма загрузки карусельного станка в линии ЛТА-2 со стороны привода автоматического регулятора.

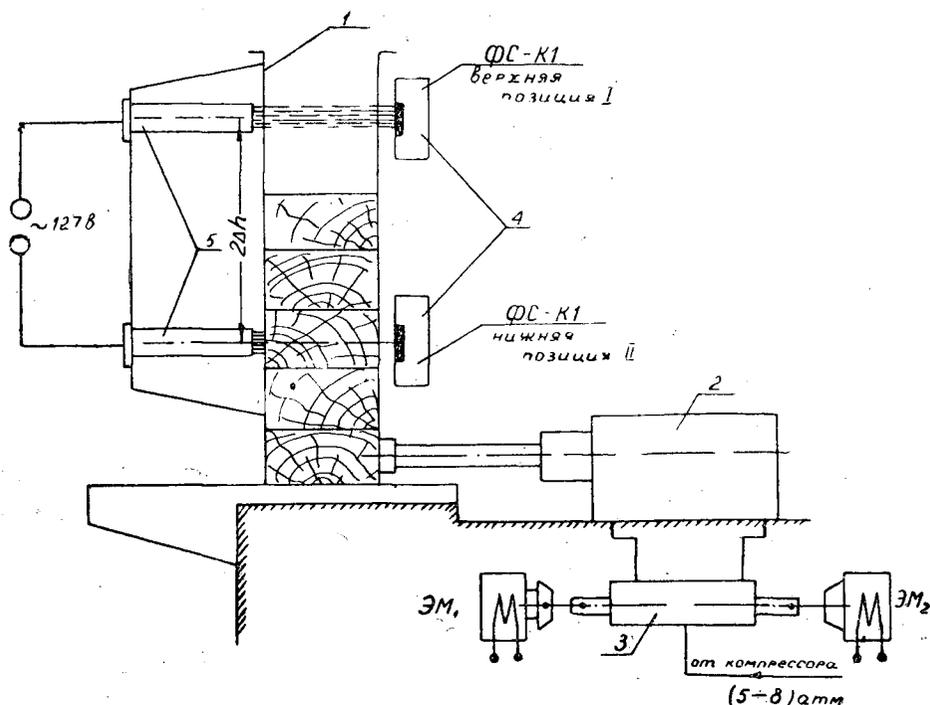


Рис. 2. Принципиальная схема вертикального магазина на две позиции регулирования с вилочным толкателем.

1— вертикальный магазин; 2— пневмоцилиндр с вилочным толкателем; 3— цилиндрический реверсивный золотник с электромагнитным управлением; 4— фотоэлементы ФС-К1 верхней и нижней позиций регулирования уровня заготовок; 5— осветители с питанием от сети с напряжением 127 в.

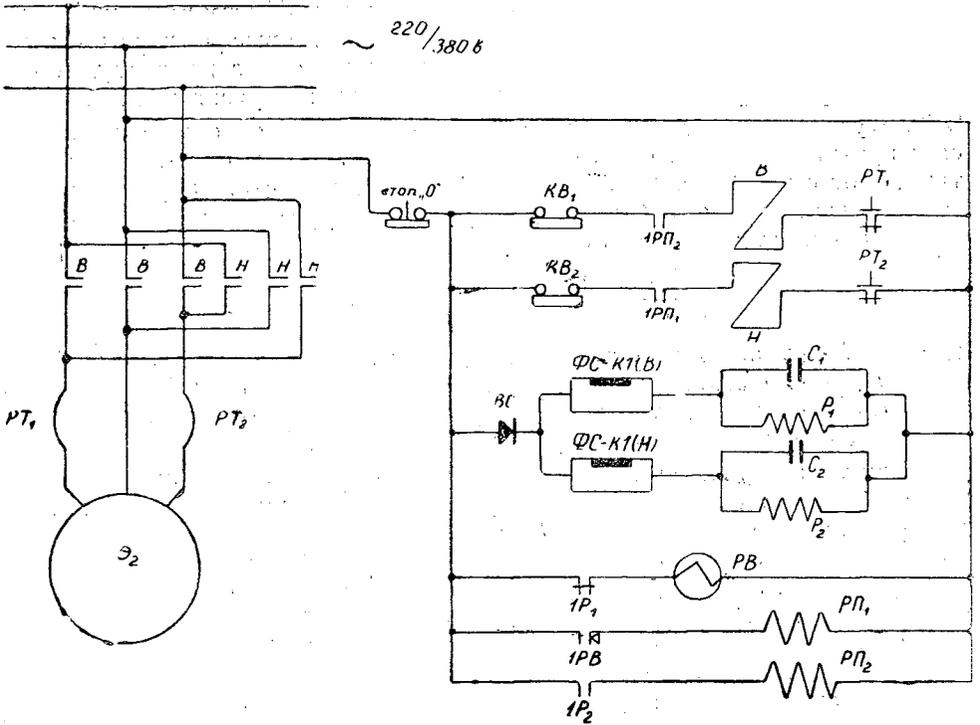


Рис. 3. Электрическая схема двухпозиционного регулятора в линии ЛТА-2.

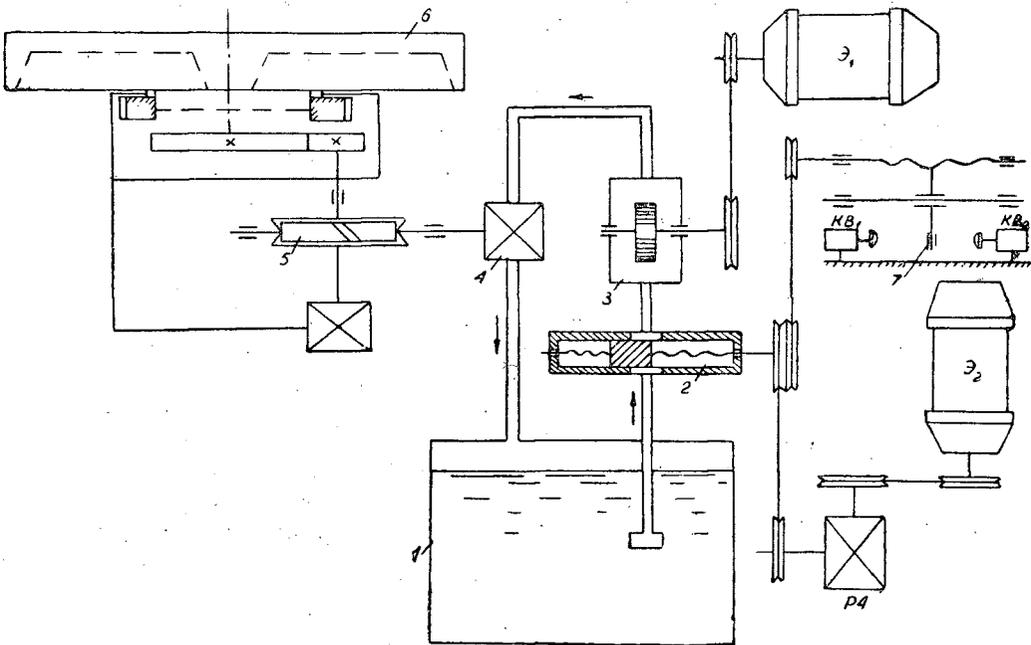


Рис. 4. Гидрокинематическая схема регулятора в линии ЛТА-2.

1 — масляный бак карусельного станка; 2 — реверсионный золотник; 3 — гидронасос; 4 — гидромотор; 5 — червячная передача; 6 — стол карусельного станка; 7 — подвижный рычаг механизма настройки амплитуды колебания уровня заготовок в магазине.

сельного станка осуществляется пневмоцилиндром. Пневматический сервопривод управляется движением стола через тяговые электромагниты золотника  $\mathcal{E}M_1$  и  $\mathcal{E}M_2$ . Пневмоцилиндр снабжается сжатым воздухом от компрессора (5—8 атм). По высоте магазина на расстоянии  $2\Delta h = 200$  мм установлены два фотоэлемента типа  $\Phi C-K-1$ , которые освещаются с противоположной стороны магазина лампочками осветителя с питанием от сети 127 в. В случае, если строгальный станок выдает заготовок больше, чем обрабатывает карусельный, уровень заготовок в магазине начинает возрастать со скоростью

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{c} (P_{\text{стр}} - P_{\text{к. ф}}) \text{ м/мин},$$

где  $h$  — уровень заготовок в магазине;  
 $P_{\text{стр}}$  — производительность строгального станка в шт./мин;  
 $P_{\text{к. ф}}$  — производительность карусельного станка в шт./мин;  
 $c$  — коэффициент габаритности заготовок.

Как только уровень заготовок достигает верхней позиции магазина (1), очередная заготовка, поступая сверху, перекрывает луч света, падающий на фотоэлемент  $\Phi C-K1$  верхней позиции. Фотоэлемент верхней позиции включен в схему «на затемнение». В момент перекрытия луча (рис. 3) обесточивается катушка малоточного реле  $P_1$  и его блок-контакты  $P_1$  включают реле времени  $PВ$  с выдержкой 1 сек. По истечении периода выдержки блок-контакты  $1PВ$  замыкают цепь промежуточного реле  $РП_1$  типа  $МКУ-48$ . Блок-контакты реле  $МКУ-48$  верхней позиции  $1PП_1$  замыкают вспомогательную цепь реверсивного пускателя  $H$ . Пускатель включает электродвигатель регулятора  $\mathcal{E}_2$  и тот через червячный редуктор  $РЧ$  и систему передач (рис. 4) приводит в движение винт золотника гидромотора 2. Золотник перемещается в левое положение до тех пор, пока рычаг 7 механизма настройки не нажмет кнопку  $KB_1$  и не выключит двигатель привода регулятора  $\mathcal{E}_2$ . При отходе золотника в левое положение увеличивается размер канала для поступления масла из бака 1 к насосу 3. При увеличении подачи масла насосом к гидромотору 4 повышается число оборотов червяка 5 и, следовательно, число оборотов стола карусельного станка 6. В результате этого возрастает штучная производительность карусельного станка:

$$P_{\text{н}} = \frac{k \cdot i \cdot n_{\text{с(н)}}}{m} < P_{\text{в}} = \frac{k \cdot i \cdot n_{\text{с(в)}}}{m} \left[ \frac{\text{шт.}}{\text{мин}} \right],$$

где  $k$  — число рабочих копиров на столе станка;  
 $i$  — число заготовок, находящихся на одном копиере;  
 $n_{\text{с(н)}}$  — нижняя ступень числа оборотов стола в мин;  
 $n_{\text{с(в)}}$  — верхняя ступень числа оборотов стола в мин;  
 $m$  — число оборотов, в течение которых производится обработка детали.

С момента, когда стол станка достигает числа оборотов  $n_{\text{с(в)}}$ , начинается усиленная выдача заготовок из компенсационного магазина. Вследствие этого уровень заготовок в магазине начинает снижаться со скоростью

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{1}{c} (P_{\text{к. ф}} - P_{\text{стр}}) = \lambda \text{ м/мин.}$$

По истечении времени, равного

$$T_{\text{вкл}} = \frac{2\Delta h \cdot c}{P_{\text{к. ф}} - P_{\text{стр}}} \text{ мин.}$$

уровень заготовок в магазине достигает нижней позиции II, и в следующий момент освещается фотоэлемент нижней позиции ФС-К1. Последний в схеме автоматики включен «на освещение». При освещении фотоэлемента срабатывает реле  $P_2$  и его контакты включают промежуточное реле  $РП_2$  МКУ-48 нижней позиции. Контакты реле МКУ-48 —  $1РП_2$  включают вторичную цепь реверсивного пускателя В. Последний через основные контакты включает двигатель  $\mathcal{E}_2$  на обратный ход. Двигатель  $\mathcal{E}_2$  через червячную передачу РЧ приводит в движение винт золотника 2. При движении винта золотник выходит в правое положение и останавливается в тот момент, когда рычаг механизма настройки 7 нажимает на кнопку  $KB_2$  и останавливает двигатель  $\mathcal{E}_2$ . В силу того, что золотник частично перекрыл каналы для поступления масла от бака 1 к насосу 3, снижается число оборотов выходного 4 вала гидромотора, а, следовательно, снижается и число оборотов червяка 5. Как следствие, снижается число оборотов стола карусельного станка и его штучная производительность. С момента, когда стол станка достигает числа оборотов ( $n_{с(н)} < n_{ном}$ ), начинает снижаться интенсивность выдачи заготовок из компенсационного магазина и уровень заготовок в нем начинает возрастать со скоростью

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{c} (П_{стр} - П_{к.ф}) = \varepsilon \text{ м/мин.}$$

В дальнейшем цикл работы двухпозиционного регулятора повторяется. Таким образом, автоматический регулятор обеспечивает бесперебойную работу участков и непрерывный выпуск продукции. В связи с этим оказывается эффективным принцип связывания станков на основе автоматического регулирования производительности смежных участков. Приведенная здесь схема автоматического регулятора не является единственно возможной и при дальнейшей разработке вопроса может быть значительно улучшена.

Нельзя не отметить, что синхронное связывание станков в линиях может быть осуществлено также и на основе автоматического непрерывного и экстремального регулирования параметров.

Данные способы обеспечат поддержание производительности участков на заданном и оптимальном значениях и высокую надежность производственного процесса в целом.

Можно предполагать, что позиционное, непрерывное и экстремальное регулирование с автоматической поднастройкой и переналадкой оборудования являются той основой, на которой будут осуществляться все без исключения автоматические производства. В связи с этим в настоящее время особое внимание следует уделить разработке надежных средств автоматизации.

## ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНО-СЛОИСТОГО ПЛАСТИКА ИЗ БУКА

П. Н. ХУХРЯНСКИЙ

Профессор, доктор технических наук

(Воронежский лесотехнический институт)

Для изучения износостойкости прессованной древесины (ДП) и древесно-слоистого пластика из бука (ДСП-А) был применен способ «шлифовального диска». По этому способу, как известно, к цилиндрической поверхности вращающегося шлифовального диска из абразивного материала прижимают испытуемый образец и по количеству работы, затраченной на снятие единицы объема материала образца, судят об его износостойкости.

Все испытания произведены на машине МИ шлифовальным диском с диаметром 50 мм, зернистостью «60» при 200 об/мин и удельном давлении от 3 до 19 кг/см<sup>2</sup>. Наждачный круг, кроме вращательного движения, совершал еще и поперечное колебание с амплитудой, равной 4 мм.

При испытании автоматически записывалась на интеграторе работа, затраченная на истирание, и по счетчику фиксировался путь истирания.

Для опытов были заготовлены образцы из ДП и ДСП-А в виде кубиков с длиной ребра 15 мм. Их испытывали в трех плоскостях, а каждую плоскость в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Для каждого вида испытаний было взято по три образца.

Во время испытания частицы материала непрерывно удалялись тонкой струей керосина, который подавался на трущуюся пару.

Объемный вес ДП был в пределах 1,10—1,15 г/см<sup>3</sup>, а влажность 8—9%; объемный вес ДСП-А 1,35 г/см<sup>3</sup>.

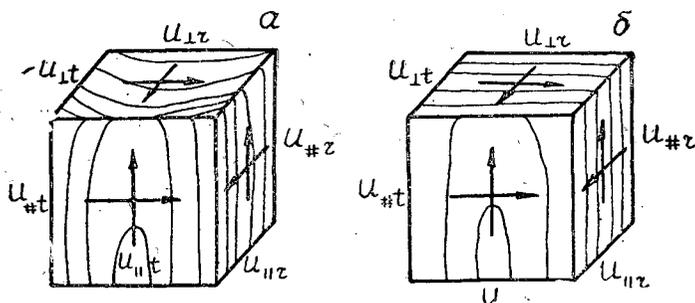


Рис. 1. Схема испытания ДП (а) и ДСП-А (б) на истирание.

Износ. Результаты линейного износа испытанных образцов по средним данным приведены на рис. 2.

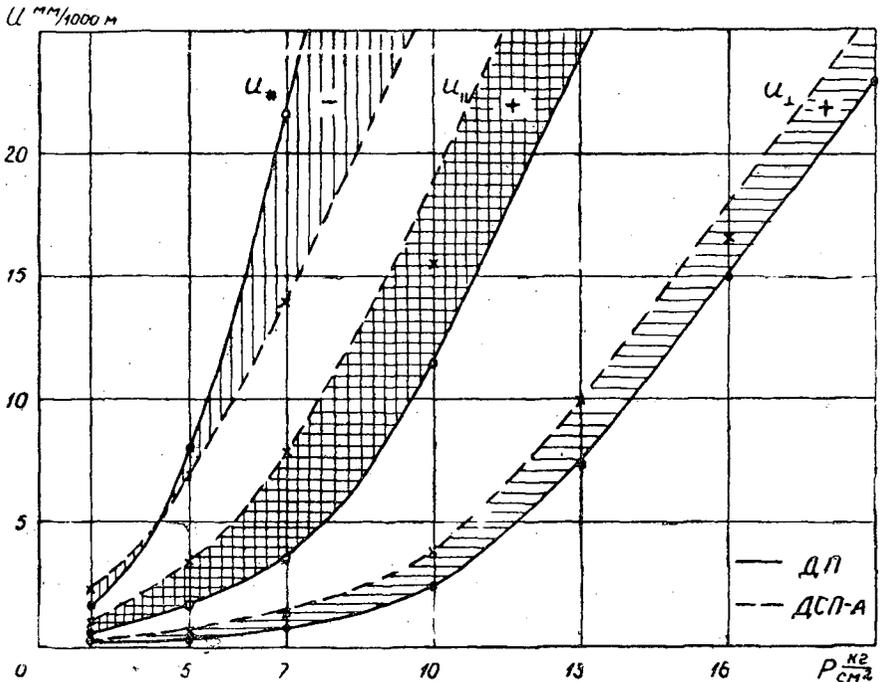


Рис. 2. Линейный износ ДП и ДСП-А.

Как видно из рис. 2, линейный износ ( $U$ ) во всех случаях увеличивается в зависимости от давления по одному и тому же закону. Математически он может быть выражен следующим уравнением

$$U = \frac{b}{c} (e^{cp} - 1) \text{ мм/100 м,}$$

где  $b$  и  $c$  — постоянные, их значения даны в табл. 1;  
 $e$  — основание натуральных логарифмов;  
 $p$  — давление при истирании,  $\text{кг/см}^2$ .

Таблица 1

Истирание	Значение постоянных			
	для ДП		для ДСП-А	
	$b$	$c$	$b$	$c$
Торца . . . . .	0,017	0,40	0,048	0,33
Вдоль волокон . . . . .	0,81	0,41	0,34	0,26
Поперек волокон . . . . .	0,62	0,34	0,67	0,27

На линейный износ ДП и ДСП-А большое влияние оказывает направление истирания по отношению к волокнам.

Наименьший износ характерен для торца  $U$  и наибольший — при истирании поперек волокон.

При исследованных удельных давлениях отношения между линейным износом для трех направлений истирания могут быть выражены следующим образом:

для ДП:

$$U_{\perp} : U_{\parallel} : U_{\#} = 1:4:22$$

и для ДСП-А:

$$U_{\perp} : U_{\parallel} : U_{\#} = 1:6:9.$$

На основе этих отношений можно сделать заключение, что ДСП-А, как материал, по своим физико-механическим свойствам более однороден, чем ДП.

Износ одной и той же плоскости у ДП и у ДСП-А зависит от направления движения при истирании.

При истирании торца ДСП-А в направлении, перпендикулярном плоскости склейки, износ больше, чем в плоскости, параллельной склейке; износ для этих двух направлений по средним данным выражается отношением

$$U_{\perp r} : U_{\perp t} = 1,35.$$

При истирании торца ДП износ оказался малозависящим от направления движения

$$U_{\perp r} : U_{\perp t} = 1,03.$$

Это может быть объяснено тем, что сердцевинные лучи на торцевой поверхности были направлены почти по диагонали.

Износ пласти ДСП-А больше износа ребра как при истирании вдоль, так и поперек волокон. По средним данным износ может быть выражен отношением

$$\text{в первом случае } U_{\parallel t} : U_{\parallel r} = 1,64,$$

$$\text{во втором } U_{\# r} : U_{\# t} = 1,22.$$

У ДП износ тангентальной поверхности больше радиальной как при истирании вдоль, так и поперек волокон; в первом случае износ по средним данным выражается отношением

$$U_{\parallel t} : U_{\parallel r} = 1,37$$

и во втором случае

$$U_{\# t} : U_{\# r} = 1,18.$$

Основной причиной в разнице износа ДП и ДСП-А является наличие во втором значительного количества бакелитовых смол, увеличивающих твердость и хрупкость древесных волокон.

При истирании торцевой, а также радиальной и тангентальной поверхностей вдоль волокон истираемый слой ДП подвергается одновременно и износу и местной упругой деформации; в первом случае на изгиб, а во втором — на поперечное сжатие. При истирании же ДСП-А торца, а также ребра и пласти вдоль волокон истираемый слой практически подвергается только износу с выкрашиванием пропитанной бакелитовыми смолами древесины.

Наличие упругой деформации в момент истирания способствует уменьшению износа ДП по сравнению с ДСП-А.

При истирании ДП поперек волокон происходит, как и при резании древесины поперек волокон, отрыв крупных частиц древесины, при истирании же ДСП-А, наоборот, — мелких частичек. Это может быть объяснено тем, что у ДП взаимная связь древесных волокон в поперечном направлении слабее, чем у ДСП-А. У ДСП-А поперечная связь

между древесными волокнами увеличивается в результате пропитки, а также склейки бакелитовыми смолами отдельных листов шпона; при истирании такого материала наждачным кругом происходит постепенный срез мелких выступов на обрабатываемой поверхности.

Сила трения. На рис. 3 дано изменение силы трения  $F$  в зависимости от давления при истирании о наждачный круг ДП и ДСП-А.

Во всех случаях истирания как ДП, так и ДСП-А с увеличением давления увеличивается и сила трения.

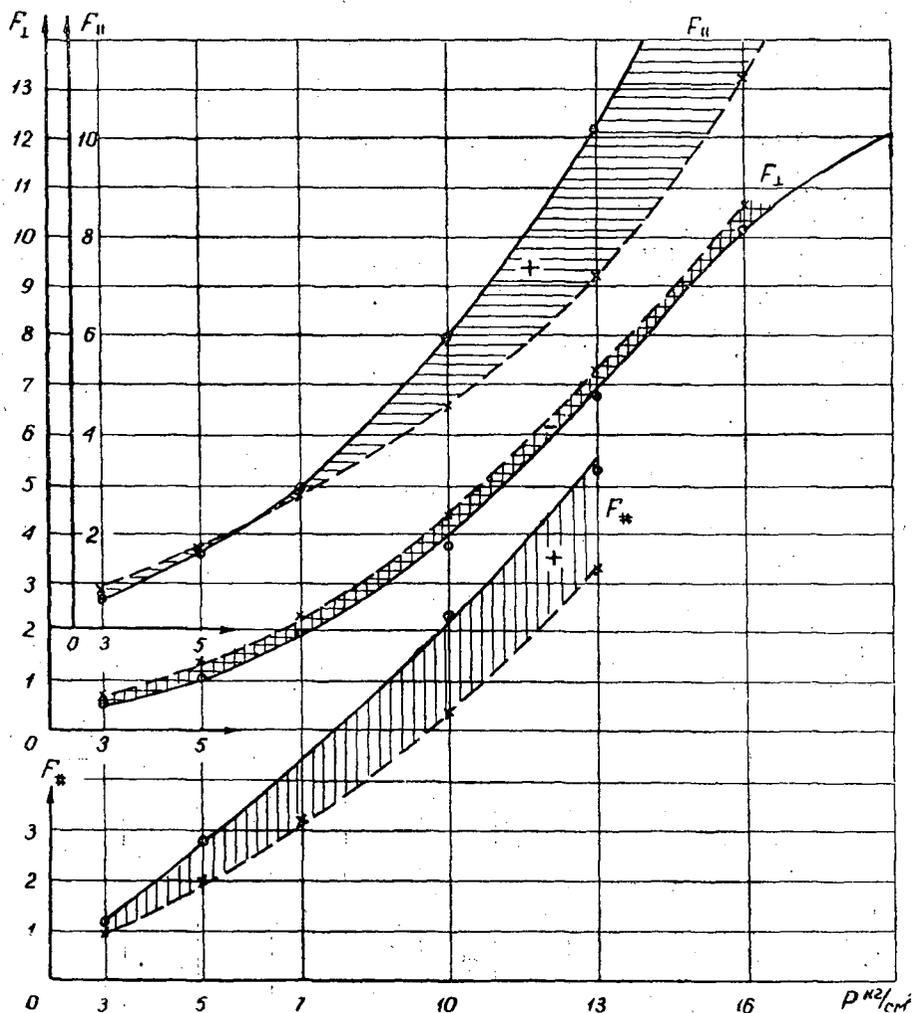


Рис. 3. Изменение силы трения в зависимости от давления при истирании ДП (сплошная линия) и ДСП-А (пунктир).

При истирании торцевой поверхности затрачивается наименьшая сила трения, а поперек волокон — наибольшая.

На силу трения мало влияют направление движения при истирании торцевой поверхности и плоскость сечения при истирании вдоль и поперек волокон.

Для любой плоскости истирания ДП и ДСП-А связь между силой трения  $F$  и давлением  $p$  может быть выражена уравнением:

$$F = dp^n,$$

где  $d$  и  $n$  — постоянные, значения которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Истирание	Значение постоянных			
	для ДП		для ДСП-А	
	$d$	$n$	$d$	$n$
Торца . . . . .	0,098	1,59	0,109	1,58
Вдоль волокон . . . . .	0,083	1,85	0,156	1,45
Поперек волокон . . . . .	0,39	1,32	0,271	1,30

Сила трения при истирании вдоль и поперек волокон для ДП несколько больше, чем для ДСП-А, а при истирании торца она мало отличается от силы трения ДСП-А.

Это, видимо, объясняется тем, что при сжатии поперек волокон упругая деформация у ДП больше, чем у ДСП-А; при сжатии же в торце эти деформации почти одинаковы.

Истирание является частным случаем резания. Зерна абразива выполняют роль макрорезцов. В таком случае силу трения при истирании следует рассматривать как сопротивление резанию.

Если принять ширину истираемого материала за единицу, то отношение

$$k = F : u \frac{\text{кг}}{\text{мм} \cdot 1000 \text{ м}},$$

где  $u$  — толщина линейного износа в мм при истирании на 1000 м пути, можно условно назвать удельным сопротивлением резанию при истирании или, более точно, удельным сопротивлением истиранию.

Изменение удельного сопротивления истиранию  $k$  ДП и ДСП-А в зависимости от давления приведено в табл. 3.

Таблица 3

Плоскость истирания и направление движения	Давление при истирании, кг/см <sup>2</sup>						
	3	5	7	10	13	16	19
В торце							
1. Радиальная ДП . . . . .	5,32	3,59	2,76	1,61	0,95	0,70	0,56
Поперек склейки ДСП-А . . . . .	3,00	1,91	1,47	0,98	0,63	0,55	0,49
2. Тангентальная ДП . . . . .	4,82	3,89	2,66	1,50	0,91	0,65	0,52
Вдоль склейки ДСП-А . . . . .	4,00	2,84	2,07	1,25	0,86	0,68	0,59
Вдоль волокон							
1. Радиальная ДП . . . . .	1,54	1,36	1,05	0,56	0,38	—	—
Ребро ДСП-А . . . . .	0,88	0,63	0,48	0,32	0,23	0,19	—
2. Тангентальная ДП . . . . .	1,50	1,11	0,65	0,46	0,32	0,21	—
Платье ДСП-А . . . . .	0,52	0,38	0,27	0,23	0,20	0,13	—
Поперек волокон							
1. Радиальная ДП . . . . .	0,76	0,40	0,29	0,12	0,096	—	—
Ребро ДСП-А . . . . .	0,50	0,38	0,25	0,17	0,12	—	—
2. Тангентальная ДС . . . . .	0,69	0,33	0,21	0,14	0,096	—	—
Платье ДСП-А . . . . .	0,41	0,26	0,20	0,16	0,11	—	—

При истирании торцевой поверхности, а также вдоль волокон радиальной и тангентальной поверхностей ДП, пласти и ребра ДСП-А, удельное сопротивление истиранию у ДП выше, чем у ДСП-А; чем меньше давление при истирании, тем больше абсолютная разница в удельных сопротивлениях; при высоких давлениях, когда износ резко возрастает, эта разница в удельных сопротивлениях истиранию сглаживается. При истирании поперек волокон с малыми давлениями ( $p = 3-7 \text{ кг/см}^2$ ) удельное сопротивление истиранию у ДП немного больше, чем у ДСП-А, при большем давлении, наоборот, меньше.

Наибольшее удельное сопротивление истиранию  $k$  свойственно торцевой поверхности, затем в убывающем порядке — вдоль и поперек волокон.

Соотношения между этими сопротивлениями выражаются для ДСП-А

$$k_{\perp} : k_{\parallel} : k_{\#} = 8 : 2 : 1$$

и для ДП:

$$k_{\perp} : k_{\parallel} : k_{\#} = 10 : 4 : 1.$$

Удельное сопротивление истиранию торцевой поверхности ДСП-А параллельно слоям склейки в среднем на 25% выше сопротивления истиранию перпендикулярно этим слоям. Удельное сопротивление исти-

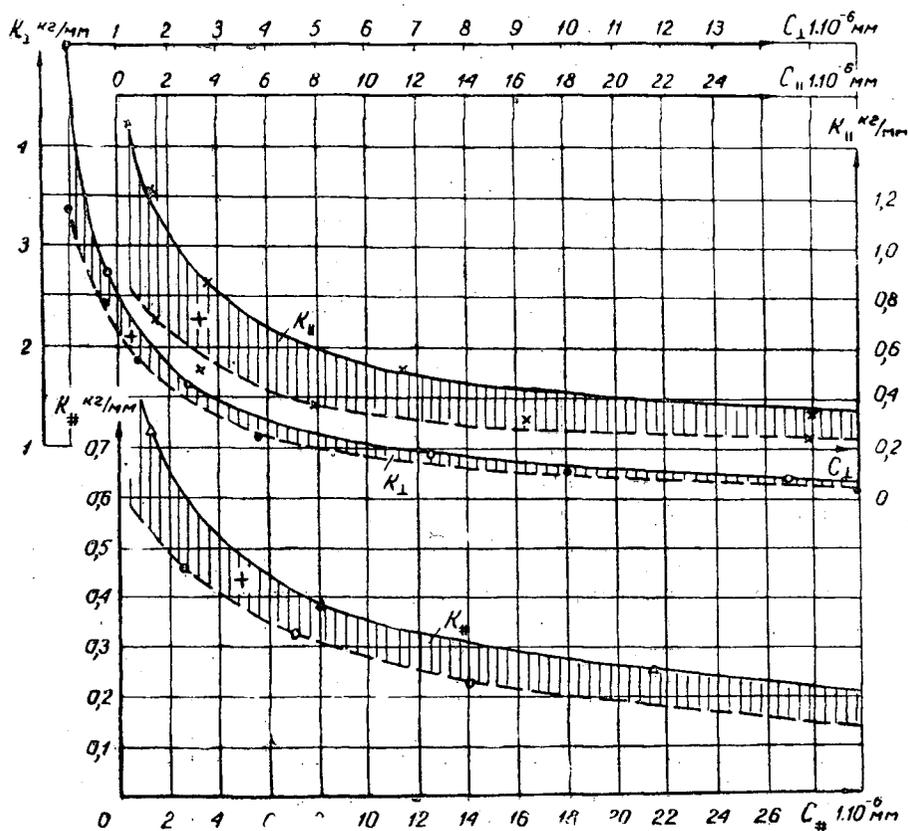


Рис. 4. Влияние толщины снимаемой стружки на удельное сопротивление при истирании в разных направлениях ДП (сплошная линия) и ДСП-А (пунктир).

ранию ребра как вдоль, так и поперек волокон выше, чем у пласти, в первом случае — в среднем на 30 и во втором — на 20%.

При истирании торцевой поверхности ДП сопротивление истиранию мало зависит от направления движения. Сопротивление истиранию вдоль и поперек волокон радиальной поверхности больше, чем тангентальной. В первом случае в среднем на 20 и во втором — на 10%.

Между удельным сопротивлением истиранию  $k$  и толщиной снимаемого при этом слоя или, иначе, толщиной стружки  $h$  имеется теснейшая связь (рис. 4): с увеличением толщины стружки сопротивление уменьшается приблизительно по такому же закону, как и при резании обычными резаками (пилы, фрезы и др.).

Толщина стружки, снимаемая зернами абразива (наждачного круга), находилась из равенства

$$h = \frac{U}{zL} \text{ мм,}$$

где  $U$  — линейный износ за весь путь истирания  $L$ ;

$z$  — число зерен абразива на 1 мм длины окружности наждачного круга; при расчете взято  $z = 1$ .

Удельное сопротивление истиранию при снятии стружки одной и той же толщины с торцевой поверхности почти одинаково как для ДП, так и для ДСП-А; при снятии же стружки вдоль и поперек волокон удельное сопротивление истиранию для ДП во всех случаях выше, чем для ДСП-А. Такая разница в удельных сопротивлениях при истирании ДП и ДСП-А несомненно связана с разной упругой деформацией этих материалов при сжатии вдоль и поперек волокон.

Коэффициент трения при истирании. Коэффициент трения ДП и ДСП-А при истирании о наждачный круг повышается с увеличением давления (табл. 4).

Таблица 4

Плоскость истирания и направление движения	Давление при истирании, кг/см <sup>2</sup>						
	3	5	7	10	13	16	19
Торец							
ДП . . . . .	0,083	0,109	0,125	0,168	0,238	0,287	0,290
ДСП-А . . . . .	0,095	0,128	0,152	0,194	0,256	0,322	0,337
Отношение ДП : ДСП-А . . . . .	0,87	0,85	0,82	0,87	0,93	0,89	0,86
Вдоль волокон							
ДП . . . . .	0,100	0,150	0,185	0,270	0,350	—	—
ДСП-А . . . . .	0,106	0,151	0,184	0,208	0,256	0,315	—
Отношение ДП : ДСП-А . . . . .	0,95	0,99	1,00	1,30	1,37	—	—
Поперек волокон							
ДП . . . . .	0,190	0,257	0,305	0,330	0,335	—	—
ДСП-А . . . . .	0,146	0,203	0,207	0,249	0,294	—	—
Отношение ДП : ДСП-А . . . . .	1,30	1,27	1,47	1,32	1,14	—	—

Как для ДП, так и для ДСП-А наименьший коэффициент наблюдается при истирании торца и наибольший — при истирании поперек

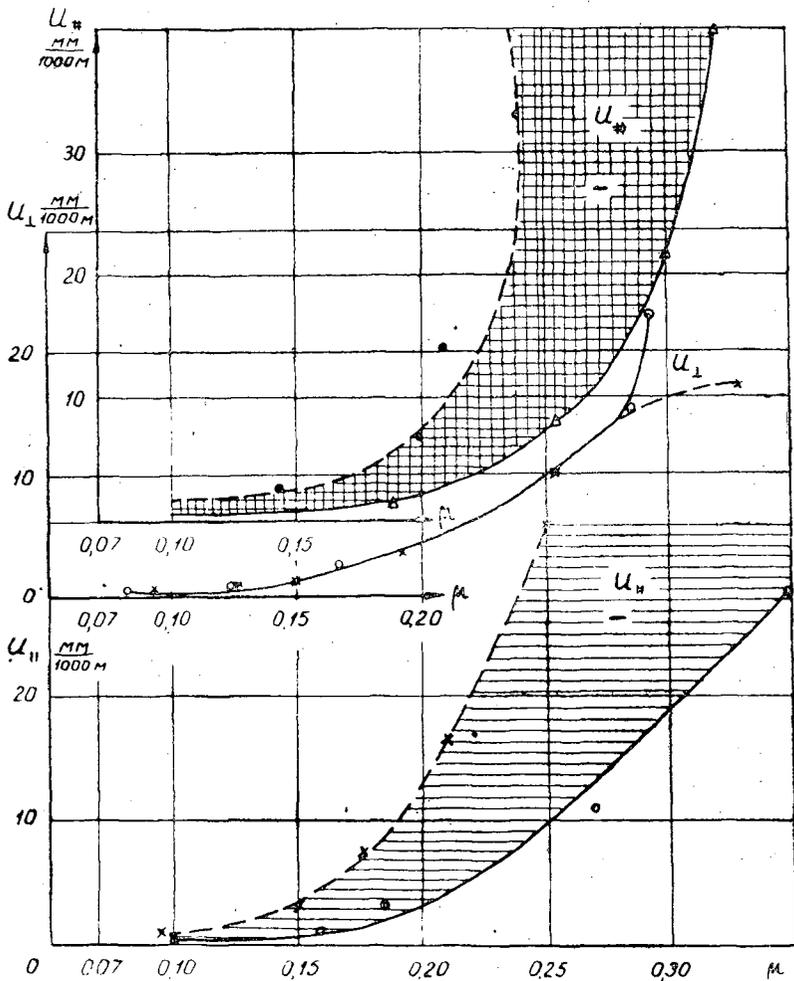


Рис. 5. Влияние коэффициента трения на линейный износ ДП (сплошная линия) и ДСП-А (пунктир).

волокон. Между коэффициентом трения  $\mu$  и линейным износом  $U$  имеется теснейшая связь: с повышением коэффициента трения увеличивается и износ (рис. 5).

При истирании торца износ ДП и ДСП-А одинаков при всех значениях  $\mu$ , за исключением одного случая, а именно — при наибольшем его значении, когда износ оказался разным.

При истирании вдоль и поперек волокон износ ДСП-А при одном и том же коэффициенте трения больше, чем износ ДП.

Связь между линейным износом  $U$  и коэффициентом трения  $\mu$  для ДП и ДСП-А выражается одним и тем же уравнением

$$U = E\mu^C,$$

где  $E$  и  $C$  — постоянные, зависящие от истираемой поверхности и материала; значение их дано в табл. 5.

Следовательно, по коэффициенту трения можно находить и величину линейного износа.

Таблица 5

Истирание	Значение постоянных			
	для ДП		для ДСП-А	
	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>C</i>
Торцы . . . . .	2160	4	2160	4
Вдоль волокон . . . . .	1620	3,9	21000	4,6
Поперек волокон . . . . .	46000	6,4	152000	6,2

Износостойкость. Показателем износостойкости принята удельная работа, затраченная на истирание единицы объема испытываемого материала о наждачный круг:

$$a = \frac{A}{v} \frac{\text{кгм}}{\text{мм}^3},$$

где  $A$  — работа, затраченная на истирание материала за пройденный путь  $L$ , кгм;

$v$  — объем снятого материала за пройденный путь  $L$ , мм<sup>3</sup>.

На рис. 6 дана износостойкость ДП и ДСП-А при разных давлениях истирания.

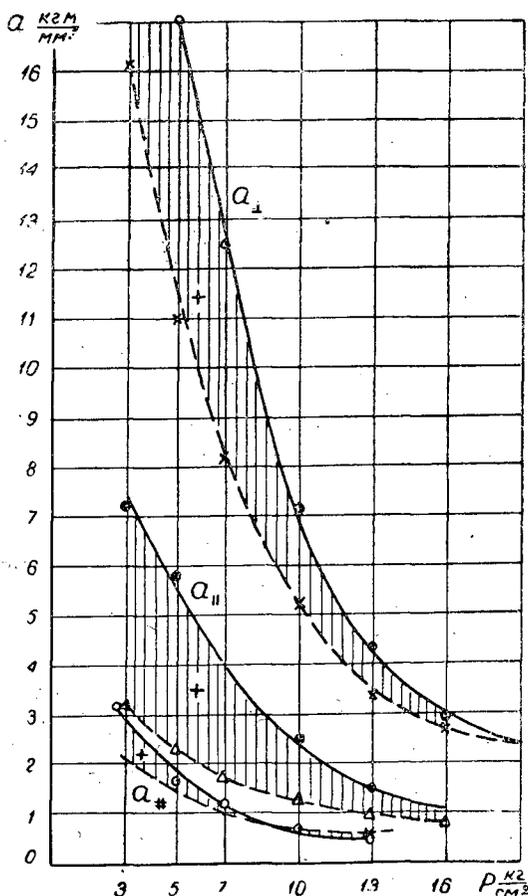


Рис. 6. Сравнительная износостойкость ДП (сплошная линия) и ДСП-А (пунктир).

Износостойкость как ДП, так и ДСП-А резко падает с повышением давления при истирании, приближаясь к определенной, устойчивой величине. При истирании торцевой поверхности, а также вдоль волокон износостойкость ДП выше износостойкости ДСП-А; при истирании поперек волокон износостойкость ДП и ДСП-А отличается мало. При высоких давлениях износостойкость ДП и ДСП-А практически приобретает одну и ту же величину.

Связь износостойкости с давлением при истирании ДП и ДСП-А в разных направлениях может быть выражена одним и тем же уравнением

$$a = \frac{1}{B + Dp},$$

где  $B$  и  $D$  — постоянные, зависящие от материала и плоскости истирания; значения их даны в табл. 6.

Таблица 6

Истирание	Значение постоянных			
	для ДП		для ДСП-А	
	$B$	$D$	$B$	$D$
Торца . . . . .	-0,014	0,010	-0,002	0,023
Вдоль волокон . . . . .	-0,03	0,055	0,061	0,138
Поперек волокон . . . . .	-0,25	0,164	0,215	0,029

На уменьшение износостойкости ДП и ДСП-А с повышением давления оказали влияние нагрев поверхностного слоя истираемого материала и, главным образом, касательные напряжения по наклонным площадкам этого слоя при нажатии наждачным кругом.

При истирании торцевой поверхности наибольшие касательные напряжения по наклонным площадкам накладываются на напряжения резания; при истирании же вдоль и поперек волокон касательные напряжения совпадают либо частично (в первом случае), либо совсем не совпадают (во втором случае) с напряжениями резания. Такое сочетание касательных напряжений и напряжений резания при истирании и оказало свое влияние на интенсивность изменения износостойкости ДП и ДСП-А в зависимости от давления.

На износостойкость ДСП-А значительное влияние оказывает направление движения при истирании по отношению к плоскости склейки. При истирании торцевой поверхности перпендикулярно плоскости склейки износостойкость ДСП-А выше, чем при истирании параллельной плоскости склейки на 22%; при истирании вдоль и поперек волокон износостойкость ребра выше износостойкости пласти; в первом случае на 30 и во втором случае — на 20%.

На износостойкость ДП при истирании торцевой поверхности направление движения оказывает незначительное влияние; при истирании вдоль и поперек волокон износостойкость тангентальной плоскости выше радиальной, в первом случае — на 18 и, во втором случае — на 10%.

### Выводы

1. Анизотропия свойств, связанных с истиранием, у ДСП-А выражена менее резко, чем у ДП.
2. По износостойкости ДП превосходит ДСП-А.

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И В ПРОЦЕССЕ ОТТАИВАНИЯ

**В. М. ЖЕСТЯНИКОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**И. Н. ПРУСС-ЖУКОВСКАЯ**

Ассистент

**Ю. П. СЫРНИКОВ**

Доцент, кандидат физико-математических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Развитие электротехнологии древесных материалов (нагрев и сушка в электрических полях высокой частоты, нагрев за счет токов сквозной электропроводности и т. д.) требует знания их электрических характеристик. Это также необходимо для конструирования и применения электровлагомеров. Кроме того, изучение процессов, происходящих в древесине под воздействием электрического поля, важно для уточнения сведений о ее строении.

В литературе отсутствуют данные исследований замороженной древесины. Настоящая статья написана с целью частично восполнить этот пробел, так как область отрицательных температур представляет практический интерес.

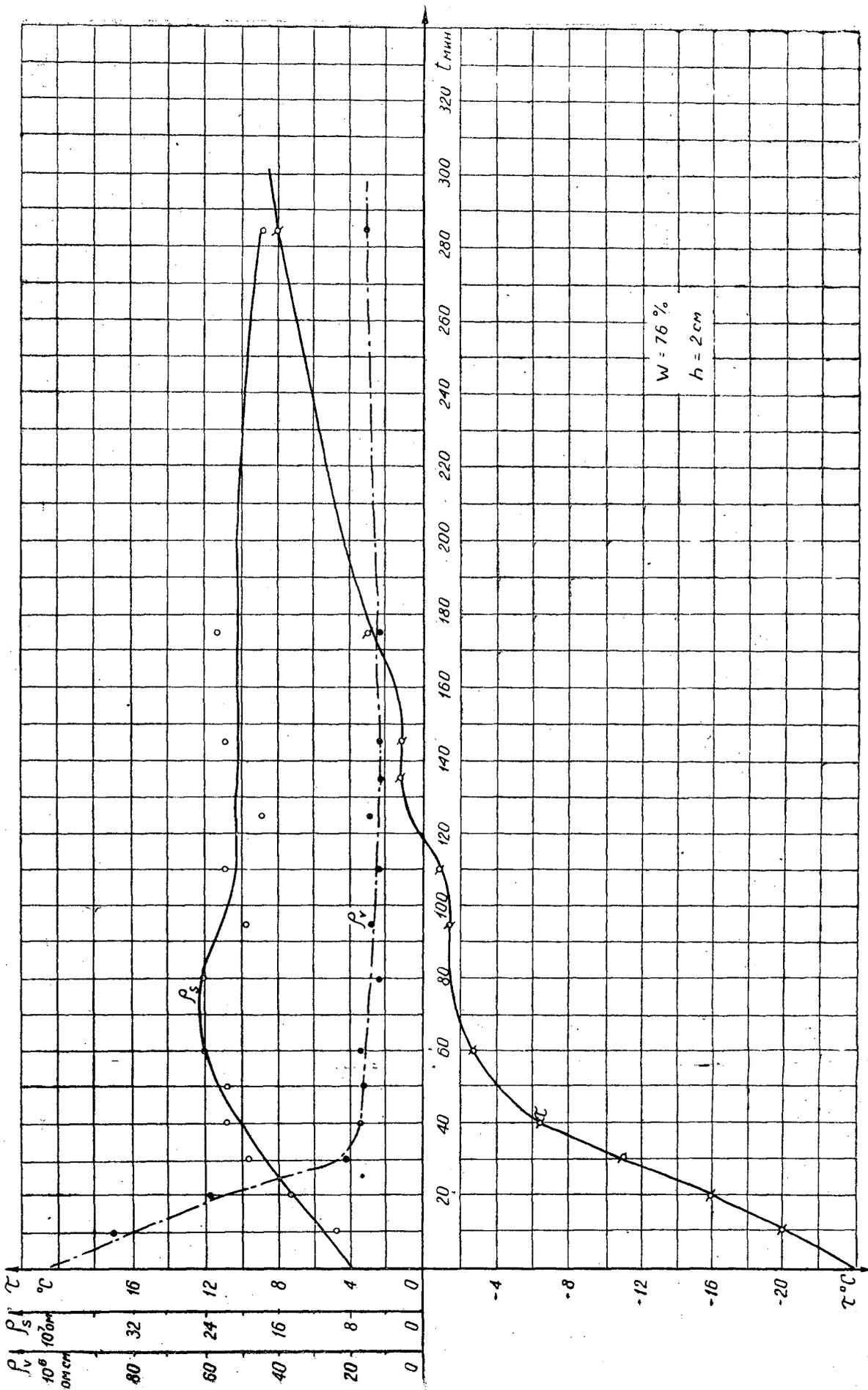
В качестве объекта исследования была выбрана береза обыкновенная свежей рубки. Образцы вытачивались в торцовом направлении из здоровой неокоренной древесины, не имеющей пороков и фаутов. Толщина образцов колебалась от 2 до 6 см.

Определение электропроводности, удельных объемного и поверхностного сопротивлений проводилось методом непосредственного отсчета с помощью гальванометра. Величина стабилизированного напряжения выпрямленного тока составляла 250 в. Электроды с охранными кольцами были изготовлены из латуни.

Принципиальные схемы для определения электропроводности показаны на рис. 1 (*a* — объемная электропроводность, *b* — поверхностная).

Для улучшения контакта поверхность образцов в местах прилегания электродов натирала графитом, а электроды прижимали дополнительным грузом.

Охлаждение образцов достигалось путем длительной (не менее 12 час) выдержки их в холодильных камерах, после чего сразу же измерялся ток, проходящий в объеме по поверхности образца. По мере



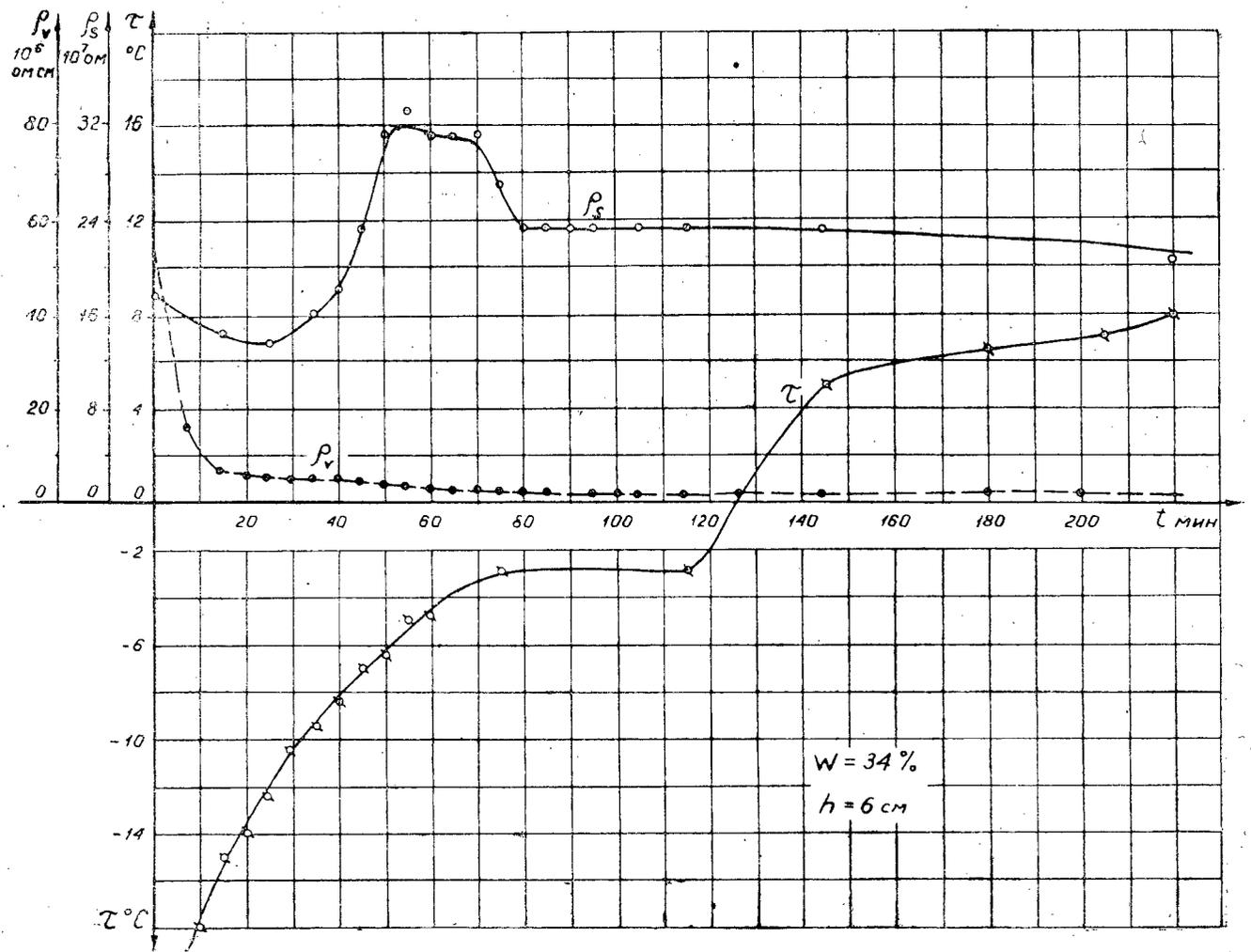


Рис. 3.

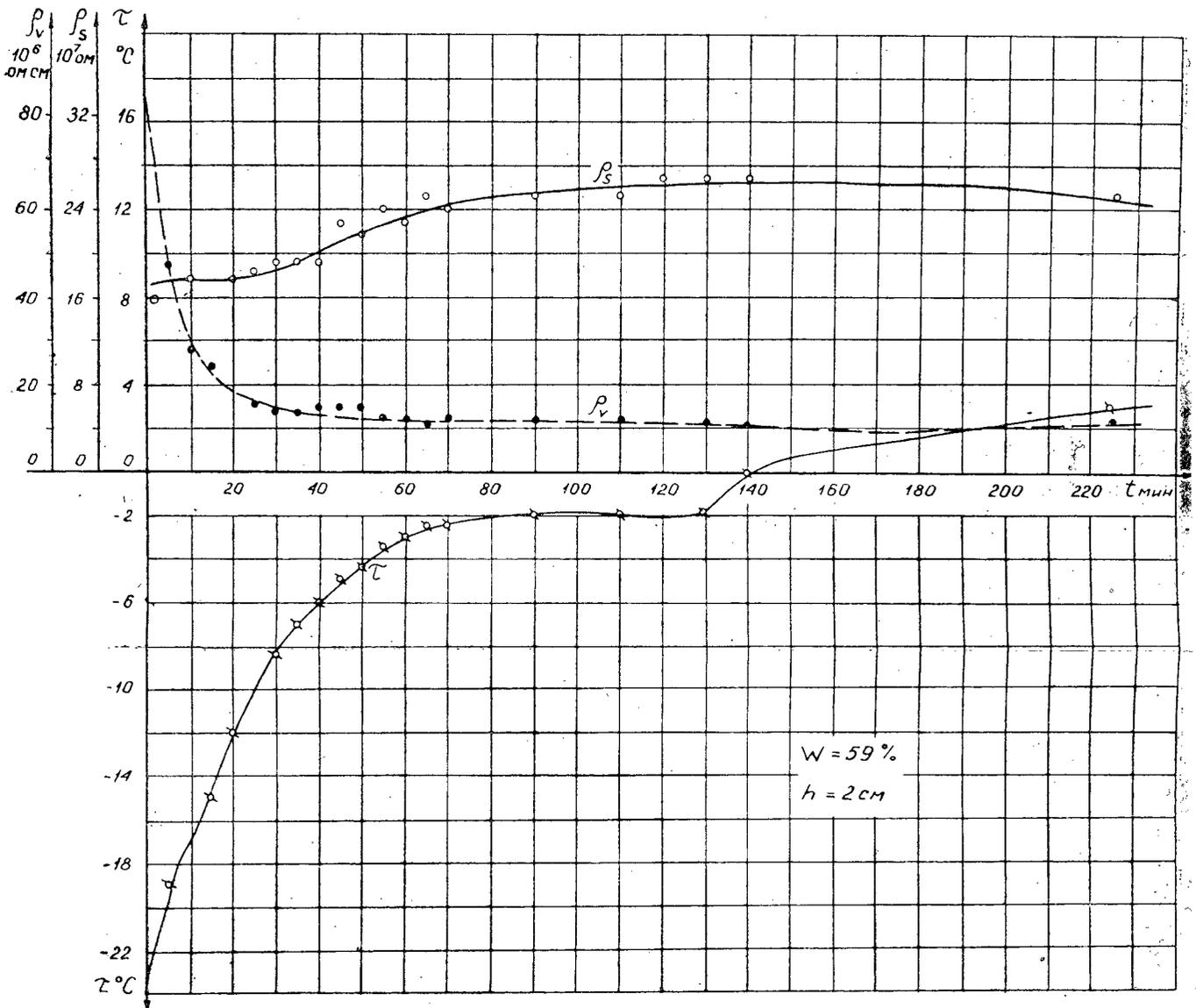


Рис. 4.

подъема температуры древесины производились последующие измерения. Температура определялась с помощью термопары, измерительный спай которой вставлялся в отверстие на периферии образца за охранным кольцом. Влажность  $W$  в процентах по отношению к весу абсолютно сухого образца определялась в начале и в конце опыта.

Величина  $W$  во время опытов изменялась незначительно.

Для устранения влияния абсорбционных явлений отсчеты производились после достижения током установившегося значения. По величинам тока  $I_v$  и напряжения  $U$  вычислялось значение удельного объемного сопротивления  $\rho_v$ :

$$\rho_v = \frac{U}{I_v} \cdot \frac{S}{h} \text{ ом} \cdot \text{м},$$

где  $S$  — площадь электрода,  $\text{м}^2$ ;  
 $h$  — толщина образца,  $\text{м}$ .

Значение удельного поверхностного сопротивления определялось по формуле

$$\rho_s = \frac{U}{I_s} \cdot \frac{2\pi}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \text{ ом},$$

где  $d_1$  — диаметр центрального электрода,  $\text{м}$ ;  
 $d_2$  — внутренний диаметр кольцевого электрода,  $\text{м}$ ;  
 $I_s$  — ток по поверхности,  $\text{а}$ .

Зависимость температуры образцов  $\tau$ , удельных объемного и поверхностного сопротивлений ( $\rho_v$  и  $\rho_s$ ) от времени оттаивания  $t$  для наиболее характерных опытов приводятся на рис. 2, 3, 4. Другие опыты дали аналогичные результаты. Так как термостат при испытаниях не применялся, опыты можно считать приближенными к условиям оттаивания древесины в заводских условиях.

### Обсуждение результатов

Как известно, электрические процессы в древесине зависят, главным образом, от содержания в ней влаги. Вода легко диссоциирует на ионы, ее электропроводность возрастает при наличии примесей; в связи с этим электрическое сопротивление древесины после увлажнения резко падает. В наших исследованиях измерения проводились в направлении вдоль волокон, в котором сырая древесина обладает наибольшей электропроводностью.

При относительной влажности выше 30% электрические свойства древесины определяются главным образом капиллярной («свободной») влагой [3]. Поэтому образец мокрой древесины при приложении электрического поля вдоль волокон можно представить как ряд слоев вещества древесины, чередующихся с капиллярами, заполненными водой, включенными параллельно.

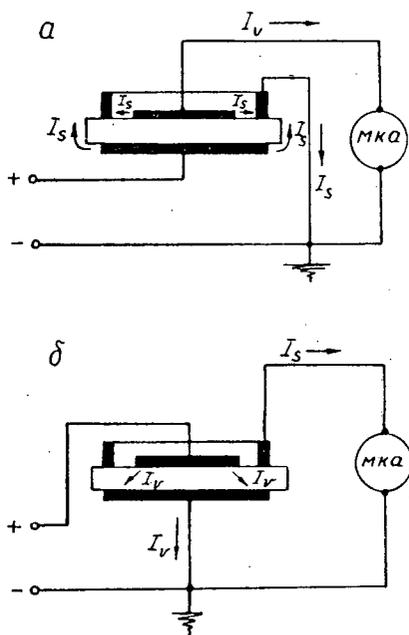


Рис. 1.

Нами получено аналитическое выражение для удельной электропроводности мокрой древесины при приложении электрического поля вдоль волокон. Для вывода формулы приняты следующие обозначения:

$S$  — общая площадь сечения образца;

$l$  — длина;

$S_v$  — площадь, занимаемая водой;

$y$  — объемная доля капилляров;

$l_k$  — эффективная длина капилляров  $l_k = K \cdot l$ , где  $K$  коэффициент извилистости [1].

Очевидно, что  $K > 1$  и зависит от особенностей структуры древесины. Тогда  $y = \frac{KS_v l}{Sl}$ . Отсюда  $S_v = y \frac{S}{K}$ .

Учитывая это выражение, для электропроводности вещества древесины ( $g_d$ ) и электропроводности капилляров с водой ( $g_v$ ) можно соответственно написать:

$$g_d = \gamma_d \frac{S \left(1 - \frac{y}{K}\right)}{l}, \quad g_v = \gamma_v \frac{yS}{Kl},$$

где  $\gamma_d$  — удельная электропроводность вещества древесины;

$\gamma_v$  — удельная электропроводность влаги.

Принимая параллельную эквивалентную схему  $g = g_v + g_d$ , при условии полного заполнения влагой всех капилляров, для удельной электропроводности образца ( $\gamma$ ) после простых преобразований можно получить следующее окончательное выражение

$$\gamma = \frac{y}{K} \gamma_v + \left(1 - \frac{y}{K}\right) \gamma_d. \quad (1)$$

Если не все капилляры заполнены водой, то следует ввести величину  $c$  — влажность, выраженную в процентах от количества влаги, насыщающей древесину. В этом случае формула (1) примет вид:

$$\gamma = \frac{c}{100} \cdot \frac{y}{K} + \left(1 - \frac{y}{K}\right) \gamma_d. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) дают возможность определить электропроводность образца при определенных значениях  $\gamma_v$ ,  $\gamma_d$ ,  $c$ .

Значительно больший интерес представляет получение аналитического выражения, описывающего изменение электропроводности древесины при оттаивании. Для решения этой задачи можно принять, что электропроводность образца увлажненной древесины определяется электропроводностью оттаявшей части, так как удельная электропроводность льда на 5—6 порядков ниже, чем у воды.

Таким образом, дело сводится к получению уравнения, определяющего электропроводность цилиндра из неоднородного диэлектрика. Эту задачу можно сформулировать достаточно четко, но решение ее очень сложно. Для упрощения следует допустить, что ток, протекающий сквозь замерзшую древесину и выделяемое им тепло (по закону Ленца—Джоуля) настолько малы, что их величинами можно пренебречь. В этом случае задачу можно свести к определению электропроводности ионного проводника переменного сечения при естественном оттаивании и решить следующим образом. Допустим, что температура на всей поверхности цилиндрического образца остается постоянной и равной  $\tau_0$ . Тогда с достаточной точностью можно допустить, что по-

верхность нулевой изотермы подобна поверхности проводника и определяется линейными размерами (см. рис. 5;  $x$  — толщина оттаившего слоя с торца,  $r_0$  — радиус всего образца,  $r$  — радиус замерзшей части, причем  $r \neq \text{const}$ ;  $r_0 - r$  толщина оттаившего слоя с боковой поверхности).

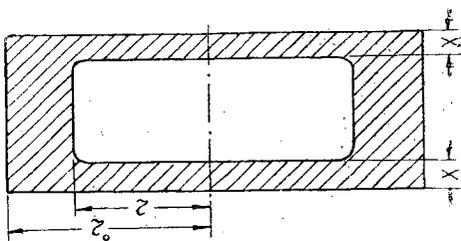


Рис. 5.

Глубина оттаившего слоя пропорциональна корню квадратному из времени, что вытекает из теории подобия. Действительно, уравнение теплопроводности остается неизменным, если масштаб длины изменить в  $k$  раз, то есть положить  $x = kx$ ; при этом масштаб времени следует изменить в  $k^2$  раз, что даст  $t' = k^2x$ . Отсюда

$$x = \alpha \sqrt{t} \text{ и } r_0 - r = \beta \sqrt{t}.$$

Здесь  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, зависящие главным образом от теплопроводности замерзшей и оттаившей древесины и в очень слабой степени — от температуры поверхности.

Сопротивление оттаившей части обозначим через  $R$ , ее удельное сопротивление через  $\rho$ . Тогда можно написать

$$R = \rho \frac{h}{\pi (r_0^2 - r^2)},$$

но

$$r = r_0 + \beta \sqrt{t}, \quad r^2 = r_0^2 - 2r_0\beta \sqrt{t} + \beta^2 t,$$

следовательно:

$$R = \rho \frac{h}{\pi (2r_0\beta \sqrt{t} - \beta^2 t)},$$

с другой стороны, для сопротивления  $R_0$  целиком оттаившего цилиндрического образца можно написать

$$R_0 = \rho \frac{h}{\pi r_0^2}.$$

Если разделить выражения для  $R$  и  $R_0$  почленно друг на друга, для  $R$  будет получено окончательно следующее выражение:

$$R = R_0 \frac{r_0^2}{\beta (2r_0 \sqrt{\beta} - \beta t)}. \tag{3}$$

Эта формула дает результаты, очень близкие к экспериментальным данным, если за удельное электрическое сопротивление принять  $\rho_v$ . Как видно из рис. 2, 3, 4,  $\rho_s$  в отличие от  $\rho_v$  меняется не монотонно. Особенно значительны нестационарные процессы в период, близкий к фазовому переходу воды. С нашей точки зрения, это объясняется тем, что влага, адсорбированная поверхностью, частично удаляется с поверхности в процессе нагревания. Кроме того, условия нагревания поверхности другие, чем всей толщи образца.

Полученные экспериментальные данные по электропроводности древесины березы и аналитические выражения имеют не только теоретический, но и практический интерес.

Они позволяют сделать выводы для двух случаев практики.

1. Для повышения точности измерений при использовании в процессе оттаивания древесины электровлагомеров, принцип работы которых основан на явлении сквозной электропроводности, можно рекомендовать применение заземляемых охранных электродов. В этом случае температурная поправка может быть получена на основании уравнения (3).

2. Удельное электрическое сопротивление березы обыкновенной вдоль волокон в замерзшем состоянии значительно больше, чем при положительных температурах, но меньше, чем удельное сопротивление льда.

Второй вывод показывает, что размораживание древесины только за счет сквозной электропроводности (особенно учитывая низкую теплопроводность льда) представляет большие трудности. Возможно, этот метод окажется целесообразным при комбинировании его с другими способами размораживания. Что касается опытов по нагреву фанерных чураков в США [2], то они проводились в области положительных температур, и полученные данные для случая замороженной древесины не пригодны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. М. Михайлов. Электроматериаловедение. ГЭИ. 1940. [2]. Н. О. Fleischer, L. E. Downs. The Electrical Heating of Veneer Logs, «Wood», 4 (April), pp. 150—160, 1954. [3]. M a s a t a m i-T a k a d i. Dielectric properties of bound Water in Timber in the high-frequency region, Bulletin Chem. Soc. Japan, 24, pp. 169—173, 1951.

Поступила в редакцию  
27 июля 1959 г.

## СТЕРИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

А. С. ФРЕЙДИН, И. Г. КРАПИВИНА

Научные сотрудники

(Центральный научно-исследовательский институт  
механической обработки древесины)

Ионизирующие излучения обладают стерилизующим действием. Отличительными особенностями лучевой стерилизации являются: высокая эффективность инактивации, возможность обработки материалов значительной толщины, защищенных покрытиями, и возможность локальной обработки материалов и изделий. Несмотря на отсутствие длительного консервирующего действия, ионизирующая радиация может найти применение для обработки древесины и продуктов ее переработки. В ряде случаев более важным является ликвидировать очаг заражения, чем подвергать материал антисептированию. Примером применения лучевой стерилизации может служить обработка разного рода музейных и археологических ценностей из древесины, книг, музыкальных инструментов и т. д. Возможна организация облучения с этой целью пиломатериалов.

В лабораториях использования отходов и защиты древесины ЦНИИМОД, базируясь на работах по действию радиации на древесину [3] [4], [5], провели серию опытов по исследованию ионизирующего излучения как фактора, стерилизующего древесину, зараженную грибами и насекомыми. Вопрос этот в литературе освещен явно недостаточно [7], [8], [9].

Облучению подвергалась древесина сосны, пораженная грибами, указанными в табл. 1, и чистые культуры грибов, перечисленные в табл. 2.

Образцы для исследования размером  $20 \times 2 \times 2$  мм изготавливались из отобранной на складе древесины с определенным типом грибного поражения. Из каждого образца до облучения проводилось выделение грибов. Полученные культуры служили контролем к культурам, выделенным из тех же образцов после облучения. Исследование действия радиации на насекомых ограничилось облучением личинок жука усача (вид не установлен) различных возрастов. Личинки облучались в пробирках с опилками. Действию каждой дозы подвергалось не менее пяти личинок.

Облучение проводилось  $\gamma$ -лучами  $\text{Co}-60$  на радиационнохимических установках физико-химического института им. Л. Я. Карпова [1], [2], [6]. На грибы воздействовали дозой мощностью 70—150 рад/сек, на насекомых — 40—90 рад/сек\*. Условия среды во время облучения прак-

\* Рад — единица энергии, поглощенной веществом, равная 100 эрг на 1 г. любого вещества.

тически не отличались от нормальных. Работа проводилась при разных значениях интегральных доз — от 0,175 до 0,54 *Мрад*\* для грибов и от 0,042 до 0,42 *Мрад* — для насекомых, с целью возможно более точно установить стерилизующие дозы.

Стерилизующей дозой радиации считалась такая, которая обеспечивала стопроцентную смертность обрабатываемых организмов. После облучения жизнеспособность грибов определялась по способности инокулята, взятого из облученной древесины, к прорастанию. Отсутствие прорастания указывало на отмирание мицелия.

Результаты опытов по выделению грибов из облученной древесины показывают, что доза в 0,45 *Мрад* является стерилизующей для проверенных возбудителей поражений, в то время как после облучения дозой в 0,35 *Мрад* мицелий всех грибов сохраняет свою жизнеспособность. В этом опыте были взяты большие интервалы между каждыми последующими дозами, поэтому мы не получили характеристики видовой устойчивости к ионизирующему излучению, но нашли, что летальные дозы для исследуемых грибов расположены в промежутке от 0,35 *Мрад* до 0,45 *Мрад*.

Т а б л и ц а 1

## Выделение грибов из облученной пораженной древесины

Возбудители поражения	Интегральная доза, <i>Мрад</i>				
	0	0,08	0,175	0,35	0,45
<i>Trichoderma lignorum</i> . . . . .	+	+	+	+	—
<i>Discula brunneo-tingens</i> . . . . .	+	+	+	+	—
<i>Stereum sanguinolentum</i> . . . . .	+	+	+	+	—
<i>Corticium laeve</i> . . . . .	+	+	+	+	—

Примечание: + рост; — отсутствие роста.

Вторая серия опытов была проведена на чистых культурах грибов, выращенных в пробирках на солодовом агаре. Исследован результат действия на культуры следующих доз: 0,175; 0,27; 0,35; 0,45; 0,54 *Мрад*. О состоянии мицелия после облучения судили по способности инокулята, взятого из обработанной пробирки, к прорастанию. Полученные результаты приведены в табл. 2, из которой видно, что устойчивость разных экологических грибов к действию ионизирующего излучения не одинакова. Если разделить все изученные виды на сильно и слабо устойчивые, то в первую группу войдут в основном все складские грибы, а во вторую — домовые. Большинство представителей домовых грибов (табл. 2) погибает уже при минимальной дозе в 0,175 *Мрад*, а дозу в 0,35 *Мрад* выдерживает только *P. obliqua*. Среди группы складских грибов от дозы 0,175 *Мрад* жизнеспособность потеряли только *A. candidus*, *P. fastigiata* и *L. sepiaria*, а остальные 20 видов дали прорастание инокулята.

Доза в 0,27 *Мрад*, проверенная на представителях складских грибов, дающих спороношение в культуре, по результатам действия не отличается от дозы в 0,35 *Мрад*. В обоих случаях жизнеспособность потеряли *P. divergens*, *V. fulva*, *O. acoma*, *O. coeruleum*, *O. pini*, *O. piceae*.

Грибы, отмеченные в табл. 2 звездочкой, выделены из образцов пораженной древесины до облучения и включены в этот опыт, чтобы сравнить величину летальных доз для грибов в древесине и на агаре. Сопоставление результатов (табл. 1 и 2) показывает, что стерилизующие дозы в

\* *Мрад* — миллион рад.

Таблица 2

## Повидовая устойчивость грибов в чистых культурах к действию ионизирующей радиации

Экологические группы	Наименование грибов	Интегральная доза, <i>Мрад</i>					
		0	0,175	0,270	0,35	0,45	0,54
Складские	<i>Penicillium meleagrinum</i>	+	+	+	+	Испытаний не проводилось	—
	<i>Penicillium divergens</i>	+	+	—	—		—
	<i>Aspergillus candidus</i>	+	—	—	—		—
	<i>Verticillium glaucum</i>	+	+	+	+		—
	<i>Byssochlamis fulva</i>	+	+	—	—		—
	<i>Trichoderma lignorum</i> *	+	+	+	+		—
	<i>Ophiostoma acoma</i>	+	+	—	—		—
	<i>Ophiostoma comatum</i>	+	+	+	+		—
	<i>Ophiostoma coeruleum</i>	+	+	—	—		—
	<i>Ophiostoma pini</i>	+	+	—	—		—
	<i>Ophiostoma piceae</i>	+	+	—	—		—
	<i>Alternaria humicola</i>	+	+	+	+		+
	<i>Discula brunneo-tingens</i> *	+	+	+	+		—
	<i>Phialophora fastigiata</i>	+	—	—	—		—
	<i>Corticium laeve</i> *	+	+	—	+		—
	<i>Stereum hirsutum</i>	+	+	—	+		—
	<i>Stereum sanguinolentum</i> *	+	+	—	+		—
	<i>Polystictus abietinus</i>	+	+	Испытаний не проводилось	+		—
	<i>Polystictus zonatus</i>	+	+		+		—
	<i>Schizophyllum commune</i>	+	+	—	—		—
	<i>Lenzites sepiaria</i>	+	—	—	—		—
	<i>Lenzites betulina</i>	+	+	—	+		—
	<i>Daedalea quercina</i>	+	+	—	—		—
<i>Fomes roseus</i>	+	+	—	—	—		
<i>Lentinus lepideus</i>	+	—	—	—	—		
<i>Coniophora cerebella</i>	+	—	—	—	—		
Штамм 151	+	+	Испытаний не проводилось	—	—		
<i>Poria Vaillantii</i>	+	—		—	—		
<i>Peniophora gigantea</i>	+	+		—	—		
<i>Poria obliqua</i>	+	+		+	—		
<i>Merulius pinastri</i>	+	—		—	—		
<i>Poria vaporaria</i>	+	—		—	—		
Штамм 152	+	—	—	—			

обоих случаях оказываются приблизительно одинаковыми. Этот вывод требует проверки на более обширном материале, так как состояние мицелия на агаре и в древесине различно, а это должно в какой-то мере сказаться и на устойчивости грибов к действию излучения.

Действие радиации дозой 0,27 *Мрад* на личинки жука-усача приводит к быстрому (1—2 дня) прекращению их жизнедеятельности. С уменьшением дозы заметно увеличивается процент живых личинок. С увеличением возраста личинки становятся более радиационно-стойкими.

При облучении насекомых практически полезными являются дозы, не только ведущие к стопроцентному летальному исходу, но и вызывающие бесплодие особей, задержку их развития и смертельные дефекты в развитии потомства. Такие дозы в 10—50 раз меньше летальных.

Из приведенных данных видно, что летальные дозы для отдельных видов исследуемых грибов и насекомых лежат в пределах 1 *Мрад*. Между тем, значительные изменения физико-механических свойств древесины наступают при дозе 50 *Мрад*. Следовательно, лучевая стерилизация может с успехом применяться к древесине и продуктам ее переработки, без опасения снизить качество обрабатываемого материала.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Х. Брегер, В. А. Бельмский и др. «Атомная энергия» № 1, 1957. [2]. А. Х. Брегер, В. А. Бельмский, В. Л. Карпов, С. Д. Прокудин. Сб. работ по действию излучения на неорганические и органические системы. Изд. АН СССР, 1957. [3]. А. С. Фрейдин. «Деревообрабатывающая промышленность» № 9, 3, 1958. [4]. А. С. Фрейдин, Ю. М. Малинский, В. Л. Карпов «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 4, 4, 1959. [5]. А. С. Фрейдин, Ю. М. Малинский, В. Л. Карпов. Высокомолекулярные соединения, т. 1, № 5, 784, 1959. [6]. J. D. Bletchley, R. C. Fisher, Nature, 179, 670; 1957. [7]. C. G. Dunn, W. L. Campbell, H. Fram, A. Hutchins. J. Appl. Phys. 19, 605, 1948. [8]. C. A. Lawrence, L. E. Brownell, J. T. Graikowski. Nucleonics, 11 (No) 9, 1953. [9]. J. H. Moriarty. 1950 (по Р. С. Хеннан. Научные и технологические проблемы применения ионизирующих излучений для консервирования пищевых продуктов. Пищепромиздат, 1957).

---

Поступила в редакцию  
7 декабря 1958 г.

## КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ВТУЛОК ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ\*

И. Г. НАЗАРОВ

Ассистент

(Воронежский инженерно-строительный институт)

Неметаллические подшипники скольжения широко применяются в разнообразных машинах и механизмах. Они зарекомендовали себя как хорошие заменители антифрикционных металлов и сплавов.

Изготавливают их из различных видов пластмасс, спрессованных порошков и пластифицированной древесины (ДСП, лигностон, пресс-крошка).

Полноценным материалом для подшипников скольжения является также цельнопрессованная древесина березы, которая получается в результате уплотнения под прессом предварительно распаренных брусков [3]. Многолетние опыты, поставленные в производственных условиях, показали, что этот материал обладает хорошими антифрикционными свойствами и высокой износостойкостью. Так, например: с успехом применяются подшипники на паровозах ужд в Крестецком леспромхозе Новгородской области; в течение нескольких лет используются они на крановом оборудовании литейных цехов (Воронежский завод им. Калинина); на ткацком (Воронежская кордная фабрика) и т. д.

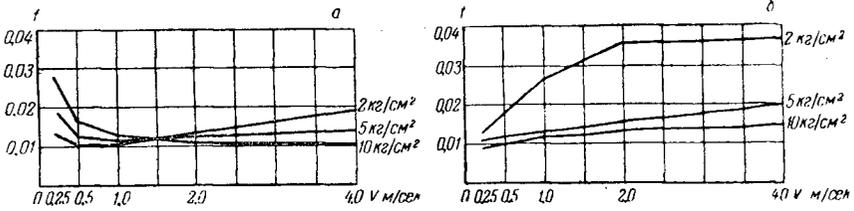
Но потенциальные возможности прессованной древесины используются пока еще недостаточно. Для того чтобы установить, при каких режимах и смазках целесообразно применять прессованную древесину, нами было проведено специальное исследование. Испытания проводились на машине трения, сконструированной и изготовленной автором [1]. Образцы имели вид втулок с внутренним диаметром  $d = 60$  мм и длиной по образующей  $l = 60$  мм. Конструкция машины дает возможность производить испытания при различных скоростях скольжения, смазках и нагрузках.

До начала испытаний была найдена опытным путем оптимальная величина относительного диаметрального зазора [1]. Для втулок из прессованной древесины она равна 0,006—0,007. Исходя из этого, в опыте был принят абсолютный зазор 0,45—0,40 мм.

Испытывались втулки, изготовленные из древесины одноосного прессования и из гнутой — с подпрессовкой в осевом направлении (гнутопрессованные).

\* Работа производилась на кафедре технологии дерева Воронежского инженерно-строительного института под руководством проф. П. Н. Хухрянского.

**Втулки одноосного прессования**



**Втулки гнупрессованные**

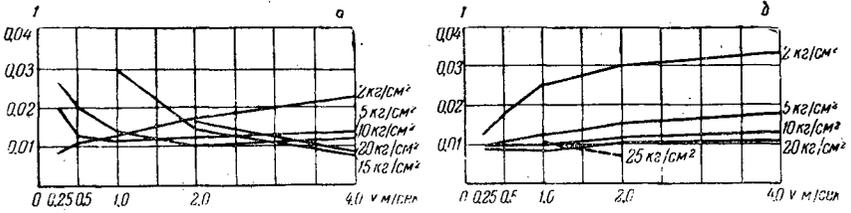
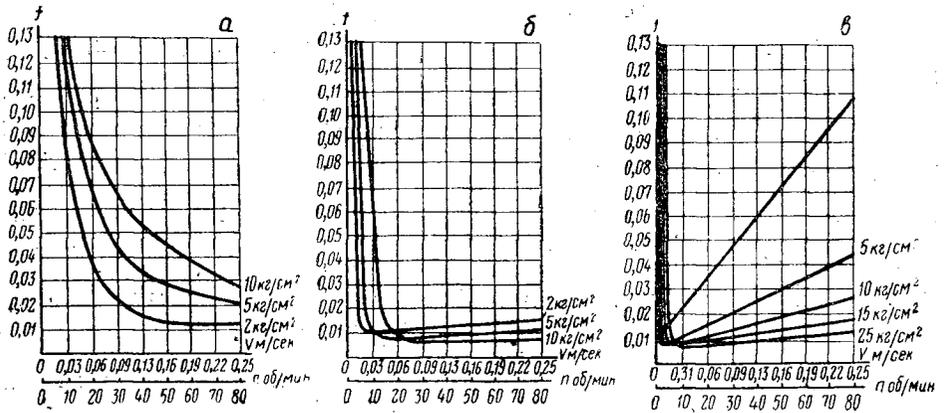


Рис. 1.

**Втулки одноосного прессования**



**Втулки гнупрессованные**

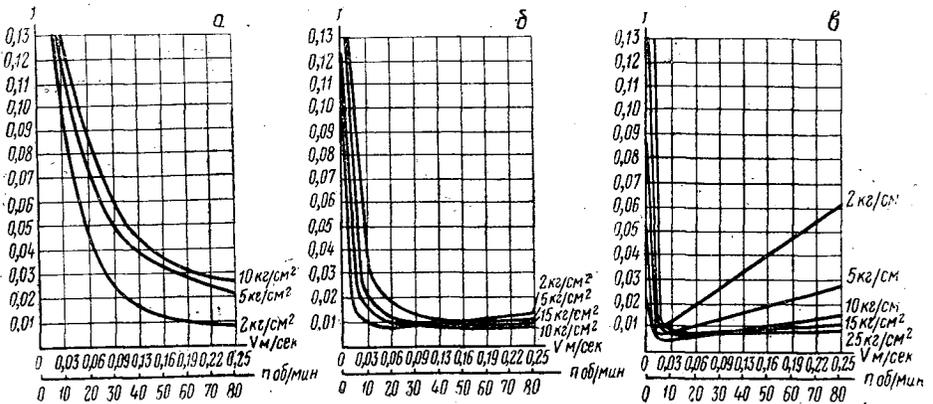


Рис. 2.

Таблица 1

Удельная нагрузка, кг/см <sup>2</sup>	Скорость скольжения, $\frac{\text{м/сек}}{\text{об/мин}}$																	
	$\frac{0,031}{10}$	$\frac{0,062}{20}$	$\frac{0,125}{40}$	$\frac{0,188}{60}$	$\frac{0,251}{80}$	0,5 159	1,0 318	2,0 636	4,0 1272									
2	0,0105	0,0095	0,012	0,008	0,013	0,009	0,0185	0,0095	0,012	0,0092	0,010	0,011	0,0129	0,0138	0,017	0,0185	0,022	
5	0,0105 0,011	0,009	0,0085	0,010	0,0095	0,0095	0,010	0,0105	0,01	0,0099	0,0118	0,011	0,0111	0,0111	0,0120	0,0114	0,0138	0,013
10	0,0092	0,005	0,011	0,011	0,008	0,0092	0,008	0,011	0,009	0,009	0,01	0,0097	0,012	0,01	0,010	0,010	0,010	0,0117
15	0,009	0,009	0,0097	0,0085	0,0115	0,010	0,015	0,012	0,016	0,012	0,0108	—	0,0084	0,0098	0,0087	0,0087	0,0087	0,0087
20	0,0085	0,009	0,0087	0,0089	0,010	0,010	0,0108	0,0105	0,012	0,0105	0,0092	0,0082	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,0087
25	0,007	0,009	0,0075	0,0086	0,0098	0,0096	0,0105	0,010	0,0115	0,010	0,0115	0,010	0,01	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077

Трансмиссионное автогакторное—„Л“

„Индустриальное—45“

„Индустриальное—12“

Примечание: В каждой графе первая цифра обозначает коэффициент трения для втулок одноосного прессования, а вторая — для гнуптопрессованных.

Волокна втулок из древесины одноосного прессования направлены параллельно оси вала, у гнупопрессованных — перпендикулярно.

Удельное давление при испытаниях изменялось от 2 до 25 кг/см<sup>2</sup>, скорость скольжения от 0 до 4,0 м/сек.

Смазывались образцы маслами типа: «Индустриальное — 12» (Веретенное — 2),  $\nu_{50} = 10-14$  сст, «Индустриальное — 45». (Машинное — С),  $\nu_{50} = 38-52$  сст, Трансмиссионное автотракторное «Л» ГОСТ 542—50 (Нигрол). К поверхности трения смазка подавалась самотеком по резиновому шлангу из бачка, установленного на штативе.

На основании экспериментальных данных построены графики зависимости коэффициента трения втулок из прессованной древесины от скорости скольжения  $V$  и удельной нагрузки при смазке маслами различной вязкости (рис. 1 и 2, а — «Индустриальное — 12», б — «Индустриальное — 45», в — Трансмиссионное автотракторное «Л» ГОСТ 542—50). Как видим, при применении масла «Индустриальное — 12» кривые имеют в основном один и тот же характер. При увеличении скольжения от 0,25 до 4,0 м/сек коэффициент трения сначала быстро уменьшается и, достигнув своего минимума, начинает медленно повышаться, причем, с увеличением удельной нагрузки минимум перемещается в сторону больших скоростей скольжения.

При смазке втулок маслом «Индустриальное — 45» (вязкость которого значительно выше, чем масла «Индустриальное — 12», минимум коэффициента трения, при всех прочих равных условиях, перемещается в сторону меньших скоростей скольжения (рис. 2), то есть в этом случае чисто жидкостное трение сохраняется и при меньшем числе оборотов. Но так же, как и при смазке маслом «Индустриальное — 12», достигнув своего минимума, кривая делает резкий скачок вверх (рис. 1), коэффициент трения увеличивается в несколько раз, условия чисто жидкостного трения нарушаются, начинается полужидкостное трение, при котором слой смазки становится настолько незначительным, что на работу подшипника оказывают влияние, главным образом, материалы трущихся поверхностей и маслянистость смазывающей жидкости; вязкость смазки сказывается в меньшей степени. Температура поднимается, что, в свою очередь, ведет к ухудшению смазывающей способности масла и к более быстрому износу.

Следовательно, при различных смазках и режимах работы подшипников из прессованной древесины, так же как и для других пластиков [2], существует минимально допустимая скорость скольжений.

В табл. 1 приведены минимальные значения коэффициента трения при разных скоростях, нагрузках и смазках. Линиями отмечены границы, в пределах которых можно рекомендовать ту или иную смазку при указанных режимах. Если возникают какие-либо сомнения, следует взять масло с большей вязкостью; это повлечет за собой некоторое увеличение коэффициента трения, но зато надежней будут поддерживаться условия жидкостного трения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. Г. Назаров. Зависимость коэффициента трения втулок из цельнопрессованной древесины березы от величины диаметрального зазора. Научные доклады высшей школы, «Лесоинженерное дело» № 2, 1958. [2]. Д. М. Хайт. Неметаллические подшипники скольжения. Машгиз, 1949 г. [3]. П. Н. Хухрянский. Дерево вместо металла. Воронежское книжное издательство, 1956.

## ВЛИЯНИЕ ВАЛЬЦОВКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАМНЫХ ПИЛ

Ю. И. ЮРЬЕВ

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Широкое внедрение в практику лесозаводов способа уширения пропилы путем плющения кончиков зубьев, вместо применявшегося ранее развода, обусловлено значительной эффективностью этого метода. Как показали исследования [1], [5], у пилы с плющенными зубьями лучше сохраняется необходимая жесткость полотна, что позволяет на 20—30% увеличить посылку.

Наиболее широко в настоящее время распространен метод холодного плющения режущей грани зуба посредством расплющивания кончика зуба (при комнатной температуре) между наковаленкой и эксцентрическим валиком ручного инструмента или станка. Качество плющения, от которого зависит эффективность этого метода, определяется пластичностью металла пилы. Недостаточная пластичность стали приводит к появлению микротрещин, вызывающих выкрашивание уголков и лезвия расплющенного зуба при работе.

Известно, что в общем случае холодная прокатка, повышая прочность металла, снижает его пластичность [3], [4]. Вальцовка полотна, являющаяся обязательной операцией подготовки рамной пилы к работе, представляет собой частный случай холодной прокатки. Учитывая, что при перемещении зубчатого венца к задней кромке вследствие износа пилы полосы прокатки попадают в зону плющения, представляет практический интерес исследование влияния вальцовки на пластичность металла в зоне контакта валков станка с пилой, а также влияния вальцовки на прочность полотна пилы на разрыв. Ниже приводятся результаты экспериментальных работ по определению влияния вальцовки на механические свойства рамных пил.

### *Влияние вальцовки на пластичность стали*

Исследование влияния вальцовки на пластичность стали в зоне контакта валков станка с пилой производилось косвенным методом, путем сравнения микротвердости прокатанной и не прокатанной зон полотна пилы, определяемой на приборе ПМТ-3. Выбор этого метода обоснован, во-первых, невозможностью в данном случае практически применить обычные способы определения пластичности без изменения специфики операции, последнее же привело бы к изменению механических свойств металла пилы.

Во-вторых, в связи с тем, что твердость характеризует сопротивляемость металла местной пластической деформации, сравнение микротвердости прокатанной и непрокатанной зон пилы дает возможность сравнить различные состояния пластичности металла. В-третьих, этот метод наиболее удобен вследствие незначительной ширины полос прокатки и, следовательно, малых объемов металла, в которых происходят изменения. И, наконец, в-четвертых, применение этого метода дало возможность исследовать изменение твердости по сечению прокатной полосы.

Исследование проводилось на образцах, вырезанных из рамных пил, изготовленных по ГОСТу 5524—55. Размеры образцов: толщина — 1,66 мм, ширина — 25 мм, длина — 300 мм. Прокатка осуществлялась со скоростью 7,15 м/мин в вальцовочном станке, снабженном измерительным устройством для определения величины усилия нажима валков на образец. Параметры валков: диаметр — 60 мм, радиус поперечного закругления — 60 мм. Величина усилия нажима при прокатке образцов изменялась от 500 до 2000 кг с градацией через 500 кг. Для каждого значения величины усилия нажима было взято три образца. Также три образца были прокатаны дважды с усилием нажима 1000 кг. Линия прокатки совпадала с продольной осью образца. После прокатки из каждого образца подготавливался шлиф для определения микротвердости на приборе ПМТ-3. Замер микротвердости при нагрузке 100 г и увеличении микроскопа равном 487 производился в двух сечениях: в середине зоны контакта валков с образцом и на расстоянии 10 мм от этого сечения, в зоне недеформированного металла. В каждом сечении твердость определялась в четырех точках: на расстоянии 0,1 мм и 0,5 мм от краев шлифа. Для уменьшения влияния случайных погрешностей на результат измерения диагонали отпечатка в расчет брался среднеарифметический результат трех измерений одного и того же отпечатка. Проверка, произведенная методом наименьших квадратов, показала, что ошибка измерений не превышает 2%. Число твердости подсчитывалось по формуле (2)

$$H = \frac{1,854 \cdot P}{d^2},$$

где  $H$  — число твердости, кг/мм<sup>2</sup>;  
 $P$  — нагрузка в кг;  
 $d$  — диагональ отпечатка в мм.

Вычисленные средние значения твердости прокатанной и непрокатанной зон образцов, в зависимости от величины усилия нажима, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Величина усилия нажима валков в кг	Среднее значение твердости в кг/мм <sup>2</sup> в зонах металла образца		Увеличение твердости прокатанной зоны в % по отношению к непрокатанной
	прокатанной	непрокатанной	
500	492	455	8,1
1000	468	464	0,9
1500	464	453	2,4
2000	423	707	3,9
1000 (дважды)	501	491	2,0

Как видно из результатов опыта, влияние вальцовки на изменение твердости прокатанной зоны незначительно: в среднем твердость прокатанной зоны образца повышается на 4%. Закономерности в изменении твердости металла прокатанной зоны по толщине не обнаружено.

## Влияние вальцовки на прочность

Исследование проводилось на образцах сечением  $F_0 = 1,8 \times 20$  мм и расчетной длиной  $l_0 = 5,65 \sqrt{F_0}$ , изготовленных из рамных пил. Форма образцов и соотношение размеров соответствовали требованиям, предъявляемым ГОСТом 1947—42 к образцам прямоугольного сечения. Условия прокатки образцов были те же, что и в предыдущем опыте. Для каждого значения величины усилия нажима валков было взято пять образцов. После прокатки образцы подвергались испытанию на разрыв в универсальной машине марки ИМЧ-30. Цена деления шкалы составляла 25 кг.

Проверка показала, что ошибка наблюдений не превышает 3%. Результаты опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Величина усилия нажима валков, кг	Среднее значение разрушающей нагрузки $P_p$ , кг	Предел прочности
		$\frac{P_p}{F_0}$ , кг/мм <sup>2</sup>
0	5620	156,1
500	5548	154,1
1000	5385	149,6
1500	5410	150,3
2000	5105	141,8
1000 (дважды)	5255	145,9

Как показывают результаты опыта, увеличение усилия нажима валков на образец не отражается на изменении сопротивления образца разрыву. Предел прочности в результате вальцовки снижается в среднем на 5%.

Снижение прочности вальцованных образцов на первый взгляд кажется неправомерным, так как холодная прокатка, как уже указывалось, повышает прочность металла. Уменьшение прочности в данном случае следует объяснить созданием в результате вальцовки переменности механических свойств металла в сечении образца. Для тел, обладающих переменными механическими свойствами, наибольшая прочность будет иметь место в случае совпадения поля напряжений, характеризваемого эпюрой напряжений от внешней нагрузки, и поля сопротивлений, характеризующего переменность механических свойств тела [6]. Таким образом, если для невальцованного образца указанное совпадение существует, то после вальцовки, вследствие изменения механических свойств металла в зоне контакта валков с образцом, совпадения эпюры поля напряжений и поля сопротивлений не будет и прочность образца уменьшится.

## Выводы

1. Вальцовка повышает твердость стали пилы в зонах контакта валков с пилой в среднем на 4%.
2. Прочность полотна рамной пилы после вальцовки снижается.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бершадский. Значение пил с плющеными зубьями для повышения производительности лесопильных рам. Гослесбумиздат, 1953. [2]. Б. М. Глинер. Определение механических и технологических свойств металлов. Машгиз, 1959. [3]. С. И. Губкин. Теория обработки металла давлением. Metallurgizdat, 1949. [4]. И. М. Павлов. Теория прокатки и основы пластической деформации металлов. Машгиз, 1938. [5]. Д. С. Рожков. Плющение зубьев рамных пил. «Лесная промышленность» № 6—7, 1952. [6]. Н. Д. Соболев, Я. Б. Фридман. О прочности тел, обладающих переменными механическими свойствами. «Журнал технической физики», т. XXIV, вып. 3, 1954.

---

Поступила в редакцию  
13 ноября 1959 г.

## ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ РЕЗЦОВ ДЛЯ КАТУШЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О. М. ЯКОВЛЕВА

Доцент, кандидат технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Характеристиками сталей, применяемых для изготовления режущего инструмента, являются теплостойкость и износостойкость. По ним выбирается материал и устанавливается технологический процесс термической обработки инструментов. Теплота, возникающая в процессе резания древесины, зависит от скорости резания и силы резания, которая в свою очередь определяется величиной подачи и состоянием оборудования; играют также роль и другие факторы. Ранее нами были произведены эксперименты по замеру температуры на режущей кромке у различного рода резцов в производственных условиях катушечной фабрики [1].

Углеродистые стали можно применять, если температура на режущей кромке инструмента не превышает  $180-200^{\circ}\text{C}$ , так как в противном случае происходит резкое понижение твердости инструмента.

В качестве экспериментального был выбран лопаточный резец, осуществляющий поперечное точение шейки катушки с передним углом  $\gamma = 45^{\circ}$ , задним углом  $\alpha = 15^{\circ}$  и углом заострения  $\beta = 30^{\circ}$ .

Материалом для изготовления экспериментальных резцов служили углеродистые инструментальные стали: доэвтектоидная — У7А, эвтектоидная — У8А и заэвтектоидная марок У9А, У10А и У12А. Материал для резцов из круглого проката диаметром 25 мм был прокован на размеры  $10 \times 30 \times 150$  мм. Нагрев заготовок перед ковкой производился в пламенной печи. Режимыковки приведены в табл. 1.

Микроструктурные составляющие материала заготовок были следующими:

- 1) доэвтектоидная сталь — феррит и пластинчатый перлит;
- 2) эвтектоидная сталь — пластинчатый перлит;
- 3) заэвтектоидная сталь — зернистый перлит.

После термической обработки резцы подвергались шлифованию и доводке на шлифовальном круге марки ЭБ 120 с графитным наполнителем. Шлифование резцов сопровождалось обильным охлаждением.

Чистота поверхностей граней резцов после доводки соответствовала девятому классу (ГОСТ 2789—51).

Резцы изготовлялись комплектами — по двенадцать резцов каждой марки. Исследованием нескольких партий резцов было обнаружено, что некоторые из них не получили надлежащей твердости после за-

Таблица 1

Показатель режимаковки	Единицы измерения	Класс и марка стали				
		доэвтектоидная	эвтектоидная	заэвтектоидная		
				У7А	У8А	У9А
Температура началаковки . . . . .	°С	1050	1000	1000	950	950
Температура окончанияковки . . . . .	"	850	760	750	750	750
Температура отжима . . . . .	"	770	750	740	740	740
Температура закалки . . . . .	"	800	760	760	755	755
Продолжительность нагрева . . . . .	сек	50	60	70	90	90
Продолжительность выдержки в охлаждающей среде (вода) . . . . .	"	7	5	4	3	3
Твердость после закалки и низкого отпуска . . . . .	R <sub>c</sub>	60—62	60—62	62—64	62—64	63—64

Примечания: 1. Ковка проводилась без подогрева. 2. Поковки охлаждались на спокойном воздухе. 3. Охлаждение после отжига происходило вместе с печью. 4. Для закалки поковки нагревались в свинцовой ванне. 5. В масле закаленные поковки выдерживались до полного охлаждения.

ковки в проточной воде. Резцы приобрели мягкие пятна с пониженной твердостью от 40 до 55 R<sub>c</sub>. Выяснена причина появления мягких пятен на резцах — они возникают в результате образования паровых пузырей на охлаждаемых поверхностях, которые замедляют охлаждение данных участков и снижают прокаливаемость углеродистой стали. В целях разрушения паровых пузырей резцу необходимо сообщить движение в охлаждающей жидкости.

В результате опытов установлен следующий порядок изготовления экспериментальных резцов: ковка, отжиг, строгание и маркировка, фрезерование, закалка, отпуск и шлифование, доводка.

Существенные изменения в структуру стали вносят только ковка, отжиг, закалка и отпуск, режим которых указан в табл. 1.

Режущие свойства углеродистых резцов проверялись на катушечных автоматах с индивидуальными приводами и коробками скоростей.

Режим резания на этих автоматах характеризовался следующими средними данными: скорость резания  $v = 11,2$  м/сек; величина подачи  $S = 0,2$  мм/об; число двойных ходов переднего и заднего суппортов  $n = 75$  в мин.

Для обработки была взята древесина березы с влажностью  $14 \pm 4\%$ .

Критерием затупления резцов являлась чистота обработанной поверхности шейки катушки и процент брака по причине раскола катушек и провертывания их на оправке вследствие затупления резца.

На рис. 1 представлены кривые износа углеродистых резцов по их задней грани, иллюстрирующие результаты проведенных исследований.

Анализ этих кривых показал, что работу резцов можно разбить на три периода.

1. Период приработки резца, небольшой по времени, зависит, при прочих равных условиях, от степени подготовки резца к работе.

Резцы после шлифования проходили доводку тремя способами: на оселке, на шлифовальном круге марки ЭБ120 с графитным наполнителем и электрополированием.

Резцы, доведенные на оселке, имели чистоту рабочих поверхностей, соответствующую седьмому классу (ГОСТ 2789—51). За период приработки чистота их рабочих поверхностей доходит до девятого класса.

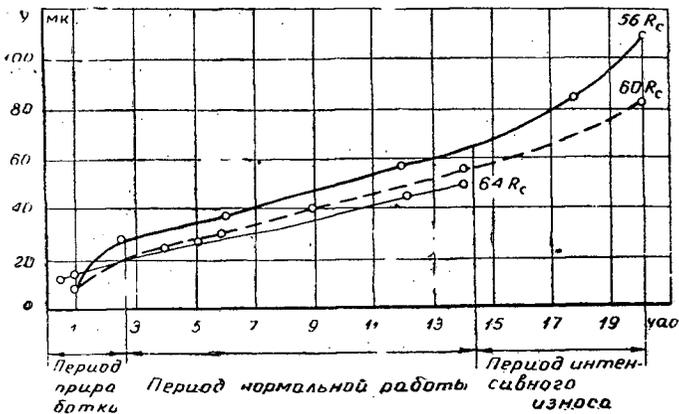


Рис. 1. Зависимость величины износа углеродистых резцов от времени работы.

Рабочие поверхности резцов, доведенные электрополированием до одиннадцатого-двенадцатого классов чистоты, приобретают неровности на рабочих поверхностях вследствие абразивного действия древесины.

В дальнейшем доводка рабочих поверхностей экспериментальных резцов производилась с обильным охлаждением на шлифовальном круге с графитным наполнителем по девятому классу чистоты. При осмотре рабочих поверхностей резцов под микроскопом прижогов после доводки не обнаружено. Микротвердость и твердость резцов находилась в пределах нормы.

Таблица 2

Марка стали	Твердость по шкале $R_c$	Средние размеры зерен структурно-свободного цемента, мк	Примечание
У12А	60—64	13,0×6,0 11,0×7,0 14,6×8,0 12,6×8,0 10,0×6,4 10,0×7,0	Режущая кромка резцов выкрашивалась вследствие сравнительно крупных размеров зерен структурно-свободного цементита
У12А	60	10,0×2,0 6,0×1,0 5,0×1,2	Резцы работали до полного затупления
У12А	60	4,0×1,6 4,4×4,0	Резцы работали до полного затупления
У12А	56	6,0×2,2 6,6×2,8 4,0×4,0 3,0×4,0	Резцы работали до полного затупления

Резцы, изготовленные из заэвтектоидной стали, частично выходили из строя, вследствие выкрашивания режущей кромки в период приработки при выбранной чистоте обработки катушки. Материал этих резцов был подвергнут тщательному микроструктурному анализу. Как показали исследования, выкрашивание режущей кромки зависит от величин зерен структурно-свободного цементита. Микроструктура резца рассматривалась под микроскопом МИМ-5 при увеличении в 500 раз и фотографировалась. Замеры величин зерен структурно-свободного цементита

производились по микрофотографиям материала резцов при помощи лупы Бринелля (увеличение 24). Электроискровым способом отрезался кусочек резца со стороны режущей кромки его и приготавлился шлиф.

Средние результаты замеров величин зерен структурно свободного цементита приведены в табл. 2.

Исследования износостойкости резцов с различной величиной зерен структурно свободного цементита позволили сделать вывод, что в условиях катушечного производства величина их не должна превышать 10 мк.

Зерна структурно свободного цементита в 10 мк и менее, находящиеся вблизи режущей кромки и резца на ней, вследствие истирания основной массы микроструктуры получают транскристаллитный излом.

Зерна крупнее 10 мк, находящиеся вблизи и на лезвии резца, выкрашиваются и приводят к аварийному выходу резца из работы.

Как выявлено исследованиями, структура заэвтектоидной стали должна состоять из мелкоиглочатого мартенсита отпуска и структурно свободного цементита, величина зерен которого не должна превышать 10 мк при принятой геометрии резца и степени его подготовки.

II. Период нормальной работы резца представлен на графике на рис. 1 в виде прямых линий с небольшим наклоном к оси абсцисс. Угол наклона линий характеризует интенсивность износа рабочих поверхностей резца и зависит от количества углерода (см. [2]) в материале резцов и их твердости (рассматривается ниже).

В качестве экспериментальной стали для решения поставленного вопроса была выбрана заэвтектоидная сталь марки У12А, как самая износостойкая [2]. Результаты испытания в условиях катушечного производства представлены на рис. 2. Как видно из графика, лучшие результаты показали резцы с твердостью 62—64  $R_c$ .

Между твердостью углеродистых резцов и износом их имеется обратная зависимость; оптимальной является твердость 60  $R_c$ . Резцы с твердостью выше 60  $R_c$  выходили из строя вследствие аварийного износа при ударе об эксцентрично просверленные заготовки с сучками.

Для сокращения аварийного выхода резцов с твердостью 62—64  $R_c$  заготовки тщательно сортировались. Годными считались заготовки без сучков с симметрично просверленными отверстиями и с влажностью  $14 \pm 4\%$ . Качество обработанной поверхности исследовалось под инструментальным микроскопом с фотонасадкой, замерялись неровности на шейках катушки. Отбор катушек производился через каждые 15 мин работы резцов.

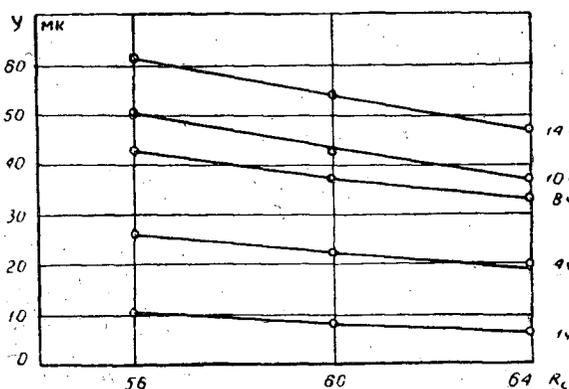


Рис. 2. Зависимость величины износа углеродистых резцов от их твердости.

Результаты исследования износостойкости резцов позволяют рекомендовать резцы, изготовленные из эвтектоидной и заэвтектоидной сталей, термообработанные на твердость  $60 R_c$ .

Структура резцов, изготовленных из углеродистой эвтектоидной стали, должна состоять из мелкоигльчатого мартенсита отпуска, а резцов и заэвтектоидной стали — из мелкоигльчатого мартенсита отпуска и структурно свободного цементита с величиной зерен до  $10 \text{ мк}$ .

Резцы данной твердости работали непрерывно в течение двух смен —  $16 \text{ час}$ , после чего выходили из строя вследствие дисперсионного истирания их рабочих поверхностей и затупления режущих кромок.

III. Период интенсивного износа резцов (рис. 1) характеризуется высоким темпом износа рабочих поверхностей резца. Этот период, небольшой по времени, сопровождается быстрым затуплением резца. Часть резцов выходила из работы вследствие выкрашивания и смятия режущей кромки.

Как выявлено исследованием, на стойкость режущей кромки влияют величины мартенситных игл и зерен структурно свободного цементита.

У резцов, микроструктура которых состояла из крупноигльчатого мартенсита, период интенсивного износа наступал раньше, чем у резцов с мелкоигльчатым строением мартенсита. Кроме того, у резцов с крупноигльчатым строением мартенсита износ режущих кромок в этот период был неравномерным. Резцы с мелкоигльчатым строением имели равномерный износ режущей кромки, период интенсивного износа наступал значительно позже и протекал в течение длительного времени.

Величина мартенситных пластин определяется величиной аустенитного зерна, зависящей от температуры нагрева стали перед закалкой.

Установив интервал закалочных температур, можно получить микроструктуру стали желаемой дисперсности.

### Выводы

1. В результате исследования разработана технология изготовления углеродистых резцов по дереву для катушечного производства.

2. Рекомендуется закалка углеродистых резцов в двух охладителях в непроточной воде с перебрской в масло. Оптимальной для отпуска является температура  $180\text{--}200^\circ \text{C}$  (твердость  $60 R_c$ ). Отпуск должен производиться в масляной ванне, сразу после закалки, во избежание появления закалочных трещин.

3. Рекомендуются следующие микроструктуры резцов:

а) в доэвтектоидных и эвтектоидной сталях структура должна состоять из мелкоигльчатого мартенсита отпуска;

б) в заэвтектоидных сталях — из мелкоигльчатого мартенсита отпуска и равномерно распределенных мелких зерен структурно свободного цементита  $10 \text{ мк}$  для условий катушечного производства.

Чрезвычайно большое влияние на характер износа резцов имеет их термическая обработка. Поэтому необходимо точно определять режимыковки и интервалы закалочных температур.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. О. М. Яковлева. О тепловых явлениях в процессе резания древесины. Бюллетень научно-технической информации № 44, ЛТА. [2]. О. М. Яковлева. Влияние количества углерода в материале углеродистых резцов на их износостойкость. Научные доклады высшей школы, «Лесоинженерное дело» № 3, 1958.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДУБИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ*Н. Я. СОЛЕЧНИК*

Профессор, доктор технических наук

*А. И. НОВОСЕЛЬСКАЯ*

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Применение одубины для производства древесно-волоконистых плит является частным случаем большой и важной народнохозяйственной проблемы по использованию древесных отходов с целью получения новых видов строительных и отделочно-декоративных материалов в соответствии с решением Майского Пленума ЦК КПСС.

При решении этой задачи мы использовали ранее выполненные работы нашей лаборатории по теории размола целлюлозных волокон в воде, а также результаты работы по получению бурой древесной массы из щепы [1], [2], [3]. Основные положения упомянутых выше работ сводятся к следующему:

Деформации растительных волокон в процессе их размола в присутствии воды носят релаксационный характер, то есть протекают во времени. Отсюда следует, что успешное проведение процесса размола зависит от частоты и скорости приложения нагрузки гарнитурой размалывающего аппарата к волокнам; с другой стороны, скорость и качество размола зависят от соотношения чисто упругих, высокоэластических и пластических свойств размалываемых волокон.

Пластичность волокон в большой мере определяется наличием в них низкомолекулярных фракций полисахаридов древесины. Это количество фракций может быть искусственно повышено термической обработкой волокон в присутствии воды при температурах 135—185° С, что приводит к повышению пластичности волокон в мокром состоянии, ускорению процесса размола и изменению характера размола (повышенной фибрилляции и пониженной рубке волокон).

Эти положительные качества термически обработанной древесной щепы были нами успешно использованы в ранее опубликованных работах [1], [3] по получению волокнистой массы, пригодной для изготовления переплетного, коробчатого и некоторых видов тарных картонов.

В настоящей статье изложены результаты работы по использованию одубины для производства древесно-волоконистых плит.

Отличительные особенности одубины (дубовой щепы после экстракции из нее танинов) по сравнению с обычной щепой, применяемой в производстве древесно-волоконистых плит, состоят в следующем.

1. Размеры одубины значительно меньше размеров обычной щепы. При сортировании средней пробы одубины, проведенном в сентябре 1957 г. на Майкопском заводе «Дубитель», были получены следующие результаты:

Остаток на сите с диаметром отверстий 15 мм составил 5%, с диаметром отверстий 10 мм — 26%, с диаметром отверстий 5 мм — 38%. Прошло одубины через сито с отверстиями 5 мм — 31%.

Таким образом, если размер обычной щепы составляет 20—25 мм, то размер одубины в основном не превышает 5—10 мм и, примерно, третья часть всей отсортированной одубины представляет очень мелкую фракцию, прошедшую через сито с отверстиями 5 мм.

2. Длина волокон дубовой древесины значительно меньше длины волокон хвойных пород древесины (еловой и сосновой).

3. Одубина имеет сравнительно высокую влажность (60%).

Перечисленные свойства одубины показывают, что она является низкокачественным сырьем для изготовления древесно-волоконистых плит. Это, по-видимому, и явилось причиной того, что опыты непосредственного получения из нее древесно-волоконистых плит по схеме «Дефибратор», проведенные на Новобелицком лесохимическом комбинате, не дали положительных результатов.

Все эти обстоятельства создали необходимость проведения специальной работы по изысканию оптимального режима обработки одубины для получения древесно-волоконистых плит, соответствующих требованиям ГОСТа.

Для выяснения этого вопроса несортированная одубина Майкопского завода «Дубитель» была подвергнута трем видам обработки: пропарке, водной варке и варке с известковым молоком по методике, разработанной и опубликованной нами в 1956 г. [3].

Данные о влиянии способа обработки одубины на механическую прочность древесно-волоконистых плит помещены в табл. 1. Для сравнения в таблице также приведены результаты испытаний плит, изготовленных из необработанной (исходной) одубины, размельченной на волокна в гидроразбивателе.

Таблица 1

№ варки	Условия варки			рН конечного щелочка	Результаты испытания плит								
	способ обработки	режим			твердых			полутвердых			пористых		
		время, мин	температура, °С		раз-мол °ШР	объемный вес кг/м³	сопротивление изгибу кг/см²	раз-мол °ШР	объемный вес кг/м³	сопротивление изгибу кг/см²	раз-мол массы °ШР	объемный вес кг/м³	сопротивление изгибу кг/см²
Необработанная одубина				—	10	1036	151	—	—	—	16	380	14
4; 7; 8; 9	Пропарка	90	155	5,0	10	1068	120	12	576	20	16	383	21
2; 10; 12	Водная варка	90	165	3,8	14	1050	213	14	600	77	16	380	79
3; 5; 13;	Варка с СаО 6%	90	165	7,4	10	1050	252	12	600	95	16	380	64
14	Г. СТ 4598—53	—	—	—	10	800—1100	не менее 140	12	500—700	не менее 40	16	до 400	не менее 8

Из таблицы видно, что наиболее хорошие результаты показали плиты, изготовленные из массы, полученной путем обработки одубины с известковым молоком (6% СаО от веса абс. сухой щепы).

Кроме того, при этом способе обработки был получен и максимальный выход после варки — 90%. (Выход щепы после пропарки 81,9%, после водной варки 84,9%). Поэтому мы считаем, что данный способ с успехом может быть применен для производства древесно-волокнистых плит из одубины.

Далее было проверено влияние закалки и проклейки на механические свойства и водопоглощение плит. Для этой цели по оптимальному режиму (6% СаО от веса абс. сухой щепы, время 1 час 30 мин, температура 165° С) из одубины была приготовлена волокнистая масса, из которой изготовлялись древесно-волокнистые плиты с проклейкой олеиново-парафиновой эмульсией (3% парафина от веса абс. сухого волокна) и без проклейки. Часть непроклеенных твердых плит подвергалась закалке по режиму: время 6 час, температура 160° С (табл. 2).

Таблица 2

П л и т ы	Объемный вес в кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности на изгиб кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение после двух часового пребывания образцов в воде %
Без закалки и проклейки	твердые	1064,0	74
	полутвердые	540,6	106,5
	пористые	380,0	153,4
С закалкой, но без проклейки	твердые	1023,0	46,0
	полутвердые	541,0	30,3
	пористые	—	—
С проклейкой, но без закалки	твердые	1052,0	6,1
	полутвердые	540,0	9,6
	пористые	380,0	3,7

Примечание: Размол в °ШР для твердых плит—10, для полутвердых—12 и пористых—16.

Проклейка олеиново-парафиновой эмульсией дала очень хорошие результаты: водопоглощение твердых плит снизилось в 12 раз, полутвердых — в 17,5 раз и пористых — в 41 раз. Сопротивление на изгиб всех типов плит как до закалки и проклейки, так и после соответствовало требованиям ГОСТа. Водопоглощение проклеенных плит также соответствовало ГОСТу.

### Выводы

1. Установлена возможность использования одубины для производства древесно-волокнистых плит.

Оптимальным режимом для получения волокнистой массы из одубины для плит является варка с известковым молоком при следующих условиях:

а) Количество извести 6,0—6,5% от веса абс. сухой щепы (в пересчете на окись кальция);

б) Режим обработки: 1 час 30 мин при температуре 165° С\*.

в) рН конечного щелока 7,5—8,0.

\* Основываясь на результатах проведенной ранее работы [3], считаем возможным при применении аппаратов непрерывного действия значительно уменьшить время обработки.

При этих условиях в лаборатории нами были получены древесно-волокнистые плиты со следующими показателями по сопротивлению изгибу:

- твердые плиты 252—317 кг/см<sup>2</sup>;
- полутвердые плиты 95—86 кг/см<sup>2</sup>;
- пористые плиты 64—75 кг/см<sup>2</sup>,

то есть все типы плит значительно превосходили требования ГОСТа 4598—53.

2. Для получения плит, соответствующих требованиям ГОСТа по водопоглощению, необходима проклейка эмульсией парафина в количестве 3% от веса волокна.

3. Варку одубины при больших масштабах производства рекомендуется вести в аппаратах непрерывного действия, при небольших — в пропарочных котлах периодического действия.

4. Размол щепы после варки для твердых и полутвердых древесно-волокнистых плит рекомендуется проводить на дефибрере или на быстроходном рафинере.

Для пористых плит размол щепы рекомендуется вести в две ступени: первую ступень (до 10° ШР) на дефибрере или на быстроходном рафинере и вторую ступень (до 16° ШР) на рафинере или в ролле непрерывного действия с базальтовой гарнитурой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Я. Солечник, А. И. Новосельская, А. П. Иванова. Производство бурой древесной массы из щепы. «Бумажная промышленность» № 11, 1953.
- [2]. Н. Я. Солечник, Л. А. Антонович. Теория размола целлюлозы в свете новых фактов. «Техническая информация по результатам научно-исследовательских работ» № 39—40. Ленинградская лесотехническая академия, 1956.
- [3]. Н. Я. Солечник, А. И. Новосельская, А. П. Иванова. О производстве бурой древесной массы из щепы. Техническая информация по результатам научно-исследовательских работ, № 39—40. Ленинградская лесотехническая академия, 1956.

Поступила в редакцию  
6 мая 1959 г.

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ СКЛЕИВАНИЯ И ПРИЛИПАНИЯ ВЫСОКОПОЛИМЕРОВ \*

(ОБ ОДНОМ НОВОМ ФАКТОРЕ, ВЛИЯЮЩЕМ НА РАБОТУ  
КОГЕЗИИ, АДГЕЗИИ И АВТОГЕЗИИ ТЕЛ)

**Н. И. МОСКВИТИН**

Профессор, доктор химических наук

**Н. М. АЛФЕРОВА, В. Н. НИКИТИНА**

Ассистенты

(Московский лесотехнический институт)

В первом сообщении [3] нами отмечалось, что при любых типах расслаивания работа отрывов —  $W_0$  эрг/см<sup>2</sup> зависит (при остальных одинаковых условиях опыта) не только от скорости отрыва (деформации тела) —  $V_0$  см/сек, но и от угла расслаивания —  $\alpha$  — угла, образуемого плоскостью расслаивания  $AA'$  и направлением действия отрывающей (деформирующей) силы  $P$  (см. рис. 1). Было установлено, что  $W_0$  увеличивается с ростом  $\alpha$ . Найденная зависимость  $W_0 = f(\alpha)$  нами расценивается как одно из доказательств правильности релаксационно-электрической теории склеивания и прилипания, разработанной Н. И. Москвитиным [2].

В данной работе мы проанализировали свои опыты [2], [3] с иных позиций, чем это было сделано нами ранее [3].

Зависимость  $W_0 = f(V_0, \alpha)$  уже сама говорит за то, что ответственными за величину  $W_0$  (при одинаковых прочих условиях отрыва — природы полимеров, типа расслаивания, температуры опыта, давления и т. п.) являются, помимо электрических сил так называемого микроэлектроденсатора, межмолекулярные связи — вандерваальсовы силы, водородные, химические связи. Исследования влияния угла  $\alpha$  на работу отрыва  $W_0$  были поставлены с целью установить, является ли  $W_0$  функцией только  $V_0$  или зависит и от  $\alpha$  (при прочих равных условиях опыта).

Иными словами, действительно ли определенной скорости отрыва соответствует определенная работа отрыва? Укладываются ли значения  $W_0$  для разных значений  $\alpha$ , но при одинаковых  $V_0$ , на одну кривую зависимости  $W_0 = f(V_0)$ ?

Проведенные опыты [3] показали, что  $W_0$  зависит как от  $V_0$ , так и от  $\alpha$ .

\* Сообщение 2.

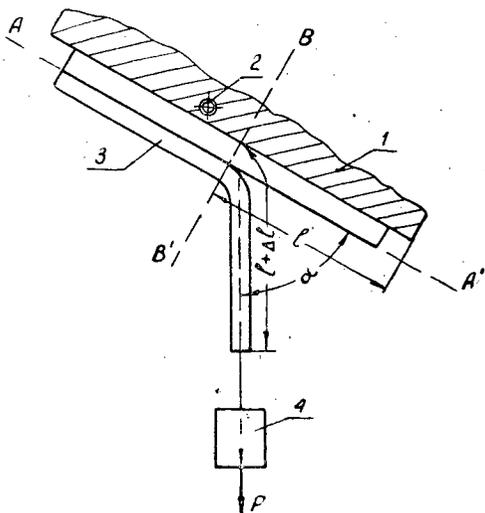


Рис. 1. Прибор с вращающейся пластинкой системы Б. В. Дерягина.

1—пластинка; 2—ось; 3—образец; 4—груз (P).

$$W_0 = \frac{P \cdot g}{b} (1 - \cos \alpha) \text{ эрг/см}^2.$$

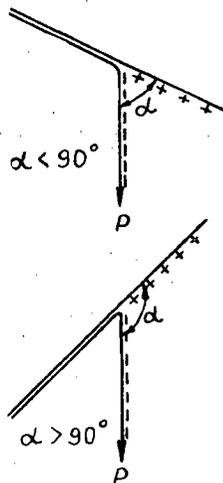


Рис. 2. Расслаивание при тупом и остром углах отрыва.

первый вариант:  $W_\alpha < 90^\circ = W_\alpha > 90^\circ$ ;  
 второй вариант:  $V_\alpha < 90^\circ = V_\alpha > 90^\circ$ .

Противоречит ли зависимость  $W_0 = f(V_0, \alpha)$  предпосылке, что  $W_{эл}$  оказывает влияние на  $W_0$ ? Нет, не противоречит, если в уравнении

$$W_{эл} = 2\pi\sigma^2 h$$

(для воздушной среды) [3]  $h$  — рассматривать как величину, зависимую от угла отрыва  $\alpha$ . Доказательства этого положения сводятся к следующему. Представим себе два характерных случая расслаивания — при тупом и остром углах отрыва (см. рис. 2), в двух различных вариантах: а) одинаковы  $W_0$ , б) одинаковы  $V_0$ .

Первый вариант. Условия для газового разряда электрического молекулярного конденсатора будут более благоприятны при  $\alpha < 90^\circ$ , чем при  $\alpha > 90^\circ$ , так как при малом расстоянии между обкладками конденсатора (при  $\alpha < 90^\circ$ ) разряд будет осуществляться на большей площади участка. В результате этого произойдет и большая потеря потенциальной энергии конденсатора. Наоборот, при широком «зеве» потеря потенциальной энергии молекулярного конденсатора будет меньше. Следовательно, при равной затрачиваемой работе

$$W_0 (W_\alpha < 90^\circ = W_\alpha > 90^\circ)$$

большая скорость отрыва должна наблюдаться при остром угле отрыва, меньшая — при тупом. Эти выводы соответствуют данным наших опытов [3].

Второй вариант. Пусть расслаивание тела идет при одинаковой скорости деформации  $V_0 (V_\alpha > 90^\circ = V_\alpha < 90^\circ)$ ; тогда очевидно, что там, где условия газового разряда более благоприятны (при  $\alpha < 90^\circ$ ), потребуется затратить меньшую работу; при  $\alpha > 90^\circ$ , наоборот, потребуется большая затрата энергии на отрыв. Наши опыты [3] хорошо подтверждают эти выводы. Таким образом, зависимость  $W_0 = f(\alpha)$  хорошо согласуется с закономерностями, присущими молекулярному электроконденсатору, что подтверждает влияние на работу отрыва  $W_0$  электри-

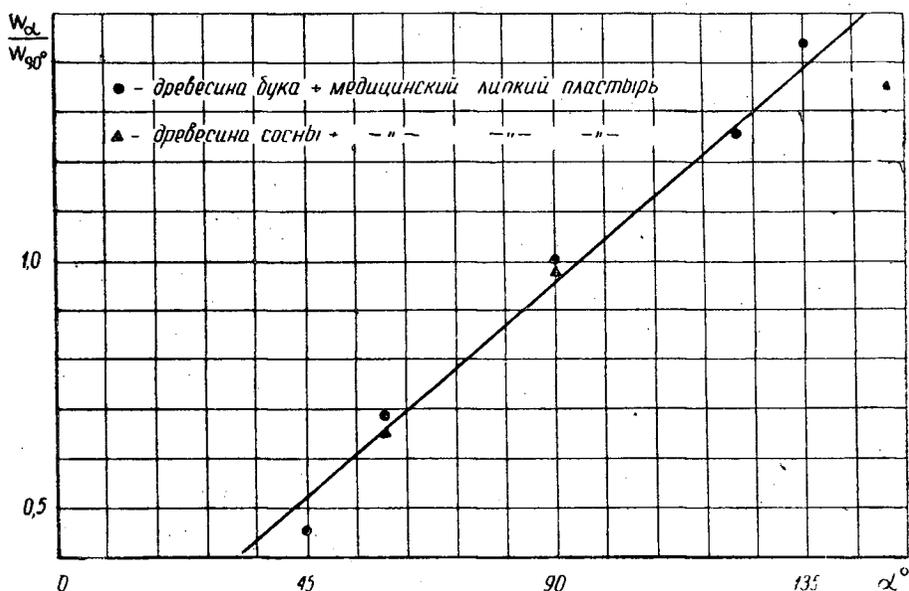


Рис. 3. Зависимость  $\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = f(\alpha)$   
при одинаковых скоростях —  $V_0$ , см/сек.

ческих сил, проявляющихся на поверхности раздела фаз при их разьединении.

Проанализируем зависимость  $W_0 = f(\alpha)$  с точки зрения затраты энергии на изгиб пленки (при ее отрыве от подложки). Рассмотрим эту работу как функцию кривизны изгибаемого участка ленты (пленки). Кривизна изгибаемого участка ленты будет большей при  $\alpha > 90^\circ$ , чем при  $\alpha < 90^\circ$ , следовательно, для одинаковых  $W_0$  большая скорость должна соответствовать отрыву при остром угле. Результаты наших опытов [3] подтверждают эти выводы. Математические расчеты, произведенные Б. В. Дерягиным [1], показали, что работа, затрачиваемая на циклическую деформацию упругой пленки, (иными словами на изгиб и выпрямление отслаиваемого участка при условии, что длина этого участка достаточно велика для того, чтобы кривизной ленты можно было пренебречь) равна нулю. В этих условиях дальнейший отрыв ленты от подложки не сопровождается изменением потенциальной энергии упругой деформации, если деформация изгиба различных участков ленты, включая участок максимальной кривизны, совершается термодинамически обратимо, то есть без упругого гистерезиса и релаксации. Следовательно, если даже считать, что величины кривизны изгибаемого участка и длины отрываемого участка ленты соизмеримы, и принять во внимание явления релаксации, то и в этом случае характер влияния компонента  $W_{\text{изг}}$  на  $W_0$  соответствует нашим выводам, изложенным выше. Рассмотрим типичные случаи отрыва (при  $\alpha > 90^\circ$  и  $\alpha < 90^\circ$ ) с точки зрения затраты работы на растяжение пленки по ее толщине, то есть учитывая характер деформации полимера в плоскости  $BB'$ , нормальной к плоскости расслаивания  $AA'$  (рис. 1), имея при этом в виду, что анализ соотношения работы отрыва под углом  $\alpha \neq 90^\circ$  ( $W_\alpha$ ) к работе отрыва при  $\alpha = 90^\circ$  ( $W_{90^\circ}$ ) может дать нам количественную характеристику зависимости  $W_0 = f(\alpha)$ .

Расчеты, приведенные нами, показали, что данное соотношение  $W_\alpha : W_{90^\circ}$  хорошо описывается прямой (см. рис. 3). По оси ординат мы отмечаем значения  $W_\alpha : W_{90^\circ}$ , по оси абсцисс — величину угла  $\alpha$ . Значения  $W_\alpha$  и  $W_{90^\circ}$  определялись графически, для чего использовались данные кривых, представленных на рис. 4, 5.

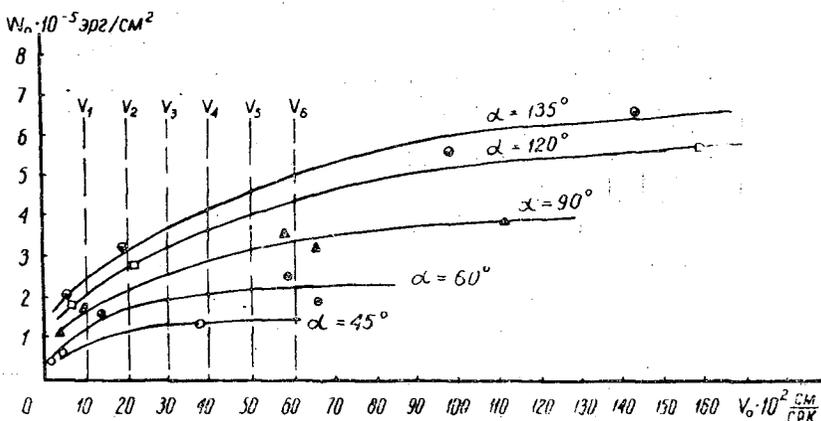


Рис. 4. Зависимость  $W_0 = f(V_0; \alpha)$ ; древесина бука — медицинский липкий пластырь.

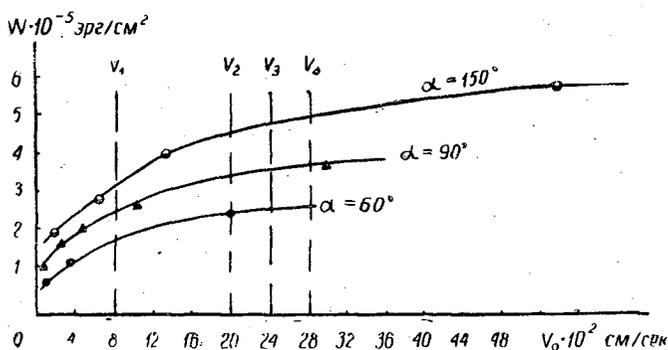


Рис. 5. Зависимость  $W_0 = f(V_0; \alpha)$ ; древесина сосны — медицинский липкий пластырь.

Зависимость  $\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = f(\alpha)$ , если исходить из формы кривой (рис. 3), является линейной (см. рис. 6) и хорошо описывается уравнением

$$\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

где  $\varphi$  — угол наклона данной прямой к оси абсцисс;  
 $\alpha$  — угол отрыва.

Величина  $\operatorname{tg} \varphi$ , определенная нами графически из рис. 6, оказалась равной приблизительно 1,1 (для  $W_\alpha < 90^\circ$ ) и 0,7 (для  $W_\alpha > 90^\circ$ ).

Коэффициент  $\operatorname{tg} \varphi$ , по-видимому, обуславливается двумя факторами:

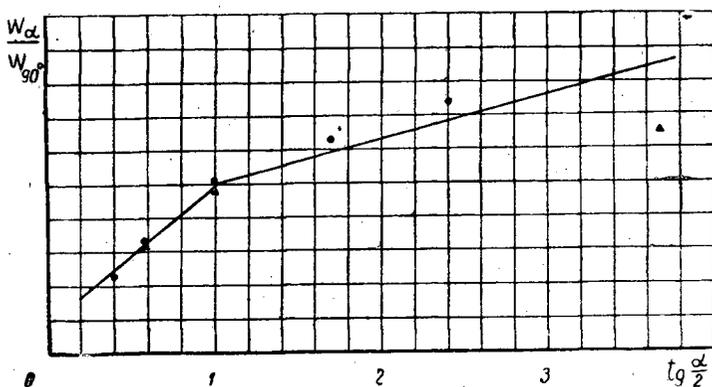


Рис. 6. Зависимость  $\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ ; при одинаковых скоростях —  $V_0$ , см/сек.

во-первых, ошибкой опыта — известной неоднородностью применяемых нами подложек, во-вторых, влиянием на скорость отрыва работы, затрачиваемой на растяжение или сжатие пленки под действием силы  $f_0$  (работы  $W_{\text{расг}}$  или  $W_{\text{сж}}$ ) (рис. 7).

Считая, что релаксационные явления, возникающие в теле (полимерах) при его деформации оказывают основное влияние на работу отрыва  $W_0$ , (наряду с электрическими явлениями, возникающими при образовании поверхностей расслаивания), и учитывая, что зависимость  $W_0 = f(\alpha)$  присуща адгезионному и когезионному типам отрыва, мы

приходим к выводу, что работа деформации ( $W_{\text{деф}}$ ) безусловно должна входить основной слагаемой в  $W_0$ .

Такой вывод напрашивается также и в результате следующих рассуждений:

1. Если  $W_0$  зависит от  $W_{\text{деф}}$ , а последняя обуславливается скоростью деформации тела (скоростью протекания в теле релаксационных процессов), то очевидно и зависимость  $W_0 = f(\alpha)$  [3] связана с характером релаксационных явлений (рис. 7).

2. Если  $W_0$  зависит от скорости  $V_0$ , а последняя в свою очередь обуславливается удельной величиной разрывающего груза  $P_0$  (г/см), то очевидно  $W_0$  должна также зависеть от  $P_0$  или, что то же самое, от удельного напряжения деформации  $\sigma_0$  (дин/см) — напряжения расслаивания, нормального к плоскости  $AA'$  (см. рис. 7).

Так как  $\sigma_0$  при одинаковой нагрузке отрыва  $P_0$  будет различным для разных углов отрыва и определится уравнением  $\sigma_0 = P_0 \cdot \sin \alpha$ , то очевидно  $\sigma_0$  при  $\alpha \neq 90^\circ$  будет меньшей величиной, чем при  $\alpha = 90^\circ$ . Поэтому и скорость

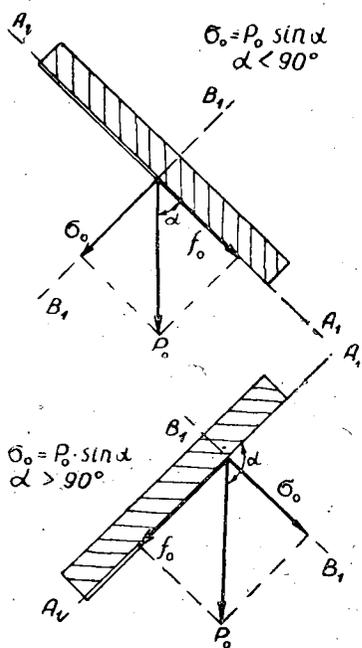


Рис. 7. Влияние составляющих сил —  $\alpha$  и  $f_0$  — на работу отрыва  $W_0$ .

отрыва должна быть тем меньшей, чем меньше  $\sigma_0$ . Наши опыты [3] подтверждают это.

Если удельное нормальное напряжение отрыва (расслаивания)  $\sigma_0$  обуславливает определенную скорость отрыва  $V_0$ , то несомненно справедлива и обратная зависимость — определенная скорость деформации (отрыва) предопределяет и определенное нормальное напряжение отрыва  $-\sigma_0$ . Поэтому определенной скорости  $V_0$  соответствует не работа расслаивания, а удельное нормальное напряжение отрыва  $\sigma_0$ . Следовательно, каждому значению скорости отрыва  $V_0$  должна соответствовать определенная величина  $\sigma_0$ , независимо от угла, при котором идет расслаивание.

Это положение подтверждается следующим расчетом.

Пусть дано, что  $V_{90^\circ} = V_\alpha$ , то есть, пусть отрыв пленок от подложек совершается при одинаковых скоростях  $V_0$ .

Для осуществления таких отрывов необходимо, чтобы в первом случае система расслаивалась грузом  $P_{90^\circ} = \sigma_{90^\circ}$ , а во втором — грузом

$$P_\alpha = \sigma_\alpha \cdot \frac{1}{\sin \alpha}, \text{ поскольку по условию задачи}$$

$$\sigma_{90^\circ} = \sigma_\alpha \text{ и } \sigma_\alpha = P_\alpha \cdot \sin \alpha.$$

Затраты работы при этом будут следующие: в первом случае  $W_{90^\circ} = P_0 g \text{ эрг/см}^2$ , во втором случае  $W_\alpha = P_\alpha \cdot g (1 - \cos \alpha) = P_0 g \left( \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right) \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2}$ .

Тогда требуемое соотношение  $W_\alpha : W_{90^\circ}$  будет

$$\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (3)$$

Мы видим, что уравнение (3), найденное расчетным путем, тождественно уравнению (2), найденному нами эмпирическим путем.

Различаются эти уравнения коэффициентами  $\operatorname{tg} \varphi$ : во втором случае  $\operatorname{tg} \varphi = 1$ , в первом — он больше (для  $\alpha < 90^\circ$ ) или меньше (для  $\alpha > 90^\circ$ ) единицы.

Таким образом, наша предпосылка, что  $V_0 = f(\sigma_0)$ , полностью подтверждается.

Следовательно, одинаковым работам отрыва только тогда соответствуют одинаковые скорости отрыва, когда нормальные напряжения отрыва  $\sigma_0$  одинаковы. Эти расчеты убеждают нас в том, что  $W_{\text{деф}}$  (работа, затрачиваемая на растяжение пленки в плоскости, нормальной к плоскости расслаивания  $AA'$  (см. рис. 2), наряду с  $W_{\text{эл}}$ , безусловно оказывает решающее влияние на работу расслаивания.

Уравнение (3) справедливо для любых упруго-вязких тел и не зависит от химической природы вещества, поскольку мы в своих доказательствах не ставили каких-либо ограничений в этом смысле. Оно справедливо для любого типа отрыва — когезионного, адгезионного и автогезионного.

Следовательно, зная работу отрыва при  $\alpha = 90^\circ$ , можно определить  $W_0$  для любого угла отрыва:

$$W_\alpha = W_{90^\circ} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ эрг/см}^2, \quad (4)$$

учитывая ошибку опыта и затраты работы на  $W_{\text{ск}}$  или  $W_{\text{раст}}$ .

### Выводы

1. Найдено, что только в случае равенства нормальных напряжений отрыва  $\sigma_0$  одинаковым скоростям отрыва  $V_0$  соответствуют одинаковые работы отрыва  $W_0$ ; при этом обязательно остальные условия опыта — природа веществ, структура системы, температура опыта, давление и т. п. должны быть одинаковыми.

2. Соотношение  $\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}}$  представляет собой линейную зависимость и определяется уравнением прямой линии  $\frac{W_\alpha}{W_{90^\circ}} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ ; следовательно, работа отрыва при любом угле отрыва ( $\alpha$ ) может быть теоретически определена из уравнения

$$W_\alpha = W_{90^\circ} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \text{ эрг/см}^2.$$

3. Показано, что  $W_{\text{деф}}$  является одним из основных компонентов работы отрыва  $W_0$  — работы когезии и адгезии тел.

4. Приведены дополнительные доказательства правильности релаксационно-электрической теории склеивания и прилипания тел, предложенной Н. И. Москвитиным.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова. Адгезия. Изд. АН СССР, 1959.  
 [2]. Н. И. Москвитин. Релаксационно-электрическая теория склеивания и ее обоснование. Сборник работ МЛТИ, вып. 5 (по химии), стр. 18—37, 1957. [3]. Н. И. Москвитин, Н. М. Алферова, В. Н. Никитина. К вопросу о механизме склеивания и прилипания. Известия высших учебных заведений, «Лесной журнал» № 1, (Сообщение 1), 1960.

Поступила в редакцию  
18 ноября 1959 г.

## ВЫХОДЫ ПРОДУКТОВ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ЩЕПЫ ИЗ ОЛЬХОВЫХ ДРОВ

**В. А. ЛЯМИН**

Доцент, кандидат технических наук

**Н. Д. АВАКЯН**

Младший научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

Ольховая древесина используется различными потребителями как топливо и как технологическое сырье.

При организации энергохимической переработки неликвидной древесины небезынтересно иметь представление об ольхе как исходном материале для получения лесохимикатов.

С этой целью нами поставлен опыт газификации мелкой сухой ольховой щепы в полувальцовочной установке ЛТА, состоящей из газогенератора с конической шахтой и периферийным дутьем, газового скруббера-холодильника и центробежного смолоотделителя [1]. Кроме того, для сравнения были определены выходы жидких продуктов угля и газа при сухой перегонке ольховой щепы в лабораторной реторте [2].

Щепа из ольховых дров высушивалась под навесом на открытом воздухе\*. В средней пробе этой щепы определены:

1) элементарный состав:  $C = 50,0\%$ ;  $H = 6,41\%$ ;  $O = 42,69\%$ ;  $A = 0,90\%$ ;

2) химический состав: целлюлоза по Кюршнеру —  $49,5\%$ ; пентозаны —  $16,15\%$ ; лигнин (с  $72\%$ -ной серной кислотой) —  $25,70\%$ ; урсонные кислоты —  $5,28\%$ ; метоксильные группы —  $5,98\%$ ; вещества, экстрагируемые серным эфиром —  $2,73\%$ ; зола —  $0,90\%$ \*\*.

Газогенератор работал с применением сухого дутья. Температура воды, поступающей в охлаждающие трубки скруббера-холодильника  $15^\circ C$ , выходящей  $25^\circ C$ . Для ликвидации потерь газа при загрузке топлива в газовой магистрали поддерживалось небольшое разрежение ( $5-10$  мм в. ст.).

В табл. 1 приведены основные исходные данные опыта.

Выход суммарного конденсата в пересчете на  $1$  пл. м<sup>3</sup> древесины составлял  $242$  кг, что вполне нормально для мягколиственной древесины. Удельная производительность газогенератора находится в пределах средней производственной интенсивности промышленных газогенераторов.

\* Дрова для этого опыта заготовлены в августе 1956 г. в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА.

\*\* Перечисленные анализы выполнены научным сотрудником кафедры химии древесины ЛТА С. Л. Смолко.

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Количество
Влажность газифицируемой щепы (относительная) . . . . .	%	13,0
Продолжительность опыта . . . . .	час	10
Израсходовано за опыт щепы при рабочей влажности . . . . .	кг	280
Удельная производительность газогенератора (по абс. сухой древесины) на уровне фурм периферийного дутья . . . . .	кг м <sup>2</sup> /час	200
Насыпной вес щепы . . . . .	кг/м <sup>3</sup>	175
Средневзвешенный размер щепы . . . . .	мм	10,8
Количество жидких продуктов, выделенных из газа за опыт		
а) в скруббере-холодильнике . . . . .	кг	60,8
б) в смолоотделителе . . . . .	"	69,9
Суммарный выход конденсата из 1 пл. м <sup>3</sup> щепы (в 1 пл. м <sup>3</sup> щепы содержится 450 кг абс. сухой древесины) . . . . .	"	242
Средняя температура газа в горловине газогенератора . . . . .	°	118
Температура газа после скруббера-холодильника . . . . .	"	57
Температура газа в каплеуловителе после смолоотделителя . . . . .	"	52
Температура дутья . . . . .	"	18

Температуры газа в различных точках установки практически ничем не отличаются от температуры, наблюдаемой в опытах, проводимых нами при газификации щепы других пород. Состав сухого газа в объемных долях характеризуется следующими показателями:

CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
3,2%	32,2%	1,0%	6,6%	0,4%	56,6%

Содержание жидких продуктов в газе, выходящем из смолоотделителя, определялось с помощью установки, состоящей из последовательно соединенных холодильника, приемника, ватного фильтра, промывалки и газового счетчика.

Таблица 2

Продукты газификации	Удельный вес при 20°С в г/см <sup>3</sup>	Влажность в %	Содержание в %					Элементарный состав в %		
			летучих кислот в пересчете на уксусную	метилового спирта	эфиров в пересчете на метил-ацетат	растворимой смолы	других органических веществ	С	Н	О
Суммарная жижка . . . . .	1,21	56,89	9,10	1,23	0,75	29,70	2,33	21,7	9,7	68,6
Суммарная отстойная смола . . . . .	1,140	17,3	8,20	—	—	—	—	55,8	8,4	35,8
Конденсат очищенного газа . . . . .	1,02	86,4	6,5	4,1	1,0	0,8	1,2	5,94	11,30	82,76

По данным результатов анализа конденсатов, приведенных в табл. 2, видно, что суммарная жижка из ольховой щепы по содержанию летучих кислот не уступает сухоперегонной, получаемой из березовой древесины. Отстойная смола не отличается от обычных газогенераторных смол. В конденсате очищенного газа содержание легколетучей части, например, метилового спирта, значительно больше, чем в жижке; это указывает на то, что при данном температурном режиме обработки парогазов нейтральная часть сравнительно легко проходит с газом через газоочистную аппаратуру.

Таблица 3

Порода газифицируемой щепы	Влажность щепы (относительная) в %	Выход газа (в пересчете на абс. сухую древесину) л <sup>3</sup> /кг	Расход воздуха в пересчете на абс. сухую древесину л <sup>3</sup> /кг	Выход жидких продуктов в % от веса абс. сухой древесины (по горловине газогенератора)						Выход суммарного конденсата (кислоты смолы) из 1 л. л <sup>3</sup> древесины в кг	Содержание воды в суммарном конденсате (кислоты смолы) в %
				летучих кислот	метилового спирта	эфиров	растворимой смолы	нерастворимой смолы	реакционной воды		
Ель . . . . .	20,0	1,51	1,035	4,2	0,49	1,04	14,10	10,60	21,10	235	49,34
Осина . . . . .	13,3	1,30	0,84	6,36	0,76	0,49	13,0	10,0	23,86	264	50,65
Ольха . . . . .	13,0	1,69	1,21	5,77	1,12	0,46	12,57	9,30	23,65	242	47,9

Из табл. 3 видно, что по выходам лесохимикатов ольховая древесина близка к древесине хвойных пород [3] и к осиновой древесине\*.

При производстве лабораторных опытов по сухой перегонке 1000 г щепы загружалось в реторту, которая вставлялась в разогретую электрическую печь. Продолжительность опыта составляла 1 час 30 мин. Конечная температура внутри реторты была 600°.

Таблица 4

Сухая перегонка	Влажность щепы в %	Выход от веса абс. сухой ольховой древесины						угля в %	газа в л <sup>3</sup> /кг
		летучих кислот в %	метилового спирта в %	эфиров в %	растворимой смолы в %	растворимой смолы в %	угля в %		
В лабораторной реторте ЛТА	10,0	5,15	1,81	0,78	10,5	4,86	25,4	0,168	
В шахте газогенератора ЛТА	13,0	5,77	1,12	0,46	9,3	12,57	—	1,69	

Из табл. 4 видно, что выход некоторых продуктов, получаемых при сухой перегонке ольховой древесины в лабораторной реторте и в шахте газогенератора резко различен. Например, термически малоустойчивой растворимой смолы при сухой перегонке щепы в реторте получалось 4,86%, а при газификации 12,57%. Это указывает на то, что в шахте крупного газогенератора пиролиз древесины при внутреннем обогреве протекает в более мягких условиях, чем в лабораторной реторте с внешним обогревом.

Из данных этой таблицы можно сделать второй вывод — очевидно, метиловый спирт и частично эфиры являются в значительной части продуктами пиролиза жидких органических веществ, образующихся при сухой перегонке древесины.

\* См. отчет по теме № 660—661 за 1957 г.; руководитель В. А. Лямин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Лямин, Н. Д. Авакян, В. А. Выродов. Новое сырье для лесохимической промышленности из отходов лесозаготовок и деревопереработки. Труды ЛТА, 72, 1955. [2]. В. А. Лямин, Н. Д. Авакян, В. А. Выродов. К вопросу о выходах лесохимикатов при пиролизе лесосечных отходов. Труды ЛТА, 72, 1955, стр. 97. [3]. В. А. Лямин, Т. И. Прохорчук. Опыт газификации еловой щепы различной влажности. Труды ЛТА, 87, 1957, стр. 55.

Поступила в редакцию  
27 июля 1959 г.

## О ТЕПЛОВОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЛЕВОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ЖИВИЦЕ

И. И. БАРДЫШЕВ

Член-корр. АН БССР, профессор, доктор химических наук

А. Г. СОКОЛОВ

Аспирант

(Белорусский лесотехнический институт)

Согласно современным представлениям, кислотная часть живицы сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) состоит из левопимаровой, абиединовой, неоабиединовой, палюстровой, декстропимаровой, изодекстропимаровой, дегидроабиединовой, дигидроабиединовой и, возможно, тетрагидроабиединовой смоляных кислот. Основным компонентом кислотной части живицы является левопимаровая кислота, содержание которой достигает 36% [3]. Эта кислота с двумя двойными сопряженными связями в одном кольце обладает значительной реакционной способностью и легко изомеризуется под действием тепла, а также минеральных и органических кислот. Поэтому изучение изомеризационных превращений левопимаровой кислоты служило предметом многочисленных исследований [2], [3], [4], [6], [7], [9], [13]. Эти исследования показали, что продуктами как тепловой, так и кислотной изомеризации ее являются прежде всего палюстровая, неоабиединовая и абиединовая кислоты, "относительные количественные соотношения которых изменяются в зависимости от условий реакции. Палюстровая и неоабиединовая кислоты при этом также претерпевают взаимные изомеризационные превращения с образованием абиединовой кислоты [10], [11], [12]. Абиединовая кислота, в свою очередь, в определенных условиях образует небольшие количества палюстровой и неоабиединовой кислот [7]. При жестких условиях реакции (высокие температура или рН, или одновременно то и другое), а также при длительном времени реакции, протекающей в мягких условиях, левопимаровая, палюстровая и неоабиединовая кислоты изомеризуются, главным образом, в абиединовую кислоту.

При удалении из равновесной смеси одной из кислот, например, левопимаровой, можно сдвинуть равновесие в сторону образования именно этой кислоты и получить ее почти с количественным выходом. Если создать очень жесткие условия, нагревая смоляные кислоты выше 200°, то абиединовая кислота претерпевает процесс диспропорционирования водорода, и в результате получается смесь, состоящая, в основном из дегидро-, дигидро- и тетрагидроабиединовых кислот.

В процессе промышленной переработки живицы на канифоль и скипидар левопимаровая кислота, содержащаяся в живице, почти полностью изомеризуется, а поэтому содержание ее в канифоли невелико [5]. Однако с практической точки зрения, например, с целью получения канифоли, используемой в дальнейшем для синтеза канифольно-малеиновых смол, целесообразно перерабатывать живицу таким образом, чтобы сохранить в ней неизменной левопимаровую кислоту, уже при комнатной температуре образующую аддукт с малеиновым ангидридом.

В промышленных условиях переработки живицы тепловому воздействию подвергается смесь смоляных кислот, а также скипидара и других веществ, присутствующих в ней. Сложный характер процесса безусловно влияет на скорость тепловой изомеризации левопимаровой кислоты, в известной мере определяя физико-механические свойства получаемой канифоли.

Настоящее исследование посвящено изучению тепловой изомеризации левопимаровой кислоты, содержащейся в сосновой живице, при 150 и 175°, то есть при температурах, имеющих место во время варки канифоли.

Одновременно для сравнения было определено содержание левопимаровой кислоты в живице, подвергнутой нагреванию при 50°, а также в промышленных образцах живицы и канифоли.

#### *Методика проведения изомеризации*

С целью приближения процесса к реальным производственным условиям варки канифоли, живицу разбавляли скипидаром до 40% его содержания. После этого ее нагревали в конической колбе с обратным холодильником на кипящей водяной бане и фильтровали от сора. Очищенную живицу (терпентин) помещали в круглодонную колбу, снабженную мешалкой, термометром, обратным холодильником, а также стеклянной трубкой для ввода азота, чтобы устранить действие кислорода воздуха на смоляные кислоты. Нагрев производили на бане со сплавом Вуда. Подъем температуры до заданной во всех опытах осуществляли в течение 10—12 мин, причем колебания ее в дальнейшем составляли  $\pm 1^\circ$ . Каждый опыт длился 8 час. Через установленные промежутки времени пипеткой отбирали пробы живицы и после охлаждения в атмосфере азота подвергали анализу.

#### *Методика определения левопимаровой кислоты в смесях смоляных кислот*

Количество левопимаровой кислоты устанавливали по расходу малеинового ангидрида, вступившего с ней в реакцию присоединения, внеся некоторые изменения в объемный метод Флека и Палкина [8]. Для устранения влияния на результаты анализа компонентов нейтрального характера, имеющих сопряженные двойные связи, мы обрабатывали малеиновым ангидридом только кислотную часть живицы.

Для выделения ее отобранные пробы живицы растворяли в метиловом спирте и обрабатывали 0,5 н. спиртовым едким кали. После удаления нейтральных веществ из раствора соли смоляных кислот разлагали борной кислотой и экстрагировали серным эфиром. Экстракт смоляных кислот промывали дистиллированной водой и сушили над прокаленным сульфатом натрия. Часть высушенного экстракта использовали для количественного определения левопимаровой кислоты, другую — для измерения оптического вращения смеси смоляных кислот.

Методика анализа заключалась в следующем:

Из эфирного раствора смоляных кислот пипеткой отбирали две одинаковые пробы по 20—25 мл. Одну из них титровали из полумикробюретки 0,5 н. спиртовым едким кали. Из другой пробы эфир отгоняли в вакууме, остаток растворяли в 10 мл сухого ацетона и добавляли 10 мл ацетонового раствора малеинового ангидрида известной концентрации, приготовленного по обычной методике [1]. По истечении 4 час к реакционной смеси добавляли 25 мл бензола, после чего избыток малеинового ангидрида количественно отмывали водой и титровали также из полумикробюретки 0,5 н. водным едким натром. Так как образовавшийся аддукт не растворяется в воде, то разность между первоначально добавленным малеиновым ангидридом и количеством его, установленным в водных вытяжках, представляет расход малеинового ангидрида, вступившего в реакцию с левопимаровой кислотой.

Процентное содержание левопимаровой кислоты ( $x$ ) вычисляли по формуле

$$x = \frac{0,7013 \cdot T_1 \cdot (v_1 - v_3)}{T_2 \cdot v_2} \cdot 100,$$

где  $v_1$  — объем 0,5 н. водного раствора едкого натра, пошедший на титрование взятого в реакцию малеинового ангидрида, мл;

$v_2$  — то же на титрование непрореагировавшего малеинового ангидрида, мл;

$v_3$  — объем 0,5 н. спиртового раствора едкого кали, пошедший на титрование исходной смеси смоляных кислот, мл;

$T_1$  — титр водного раствора едкого натра;

$T_2$  — титр спиртового раствора едкого кали,

0,7013 — отношение молекулярного веса едкого кали к удвоенному молекулярному весу едкого натра.

Серией из десяти опытов была установлена средняя квадратичная погрешность отдельного анализа  $\sigma$ , которая составила  $\pm 0,8\%$ .

Следует отметить, что этот метод дает сравнительно правильное представление о содержании левопимаровой кислоты в смесях смоляных кислот, так как другие смоляные кислоты в условиях проведения анализа не реагируют с малеиновым ангидридом.

#### *Тепловая изомеризация левопимаровой кислоты, содержащейся в живице*

На рис. 1. показано изменение содержания левопимаровой кислоты в кислотной части живицы в зависимости от температуры и времени ее нагревания. При температуре 50° количество левопимаровой кислоты в живице за 8 час не изменилось и составляло в среднем 29%. За 15 мин при 150 и 175° относительное количество ее уменьшилось соответственно на 6,1 и 22,3%, за 1 час при тех же температурах оно понизилось на 18,7 и 63,0%, а за 4 час — на 65,8 и 96,5%. Более длительное нагревание при 150° и особенно при 175° приводило практически к полной изомеризации левопимаровой кислоты.

На рис. 2 показаны кривые изменения удельного вращения  $[\alpha]_D$  смесей смоляных кислот в зависимости от температуры и времени нагревания живицы. Удельное вращение всегда определяли для 2%-ных растворов смоляных кислот в 96%-ном этиловом спирте.

Из рис. 2 видно, что при температуре 50° удельное вращение смоляных кислот оставалось без изменения в течение 8 час. При 150 и 175° наблюдался переход его от отрицательного, обусловленного значитель-

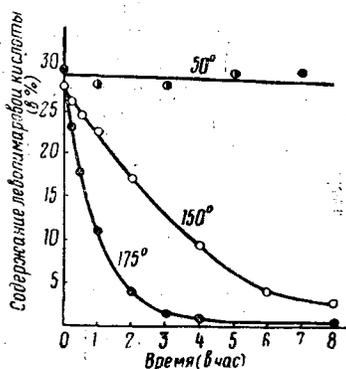


Рис. 1.

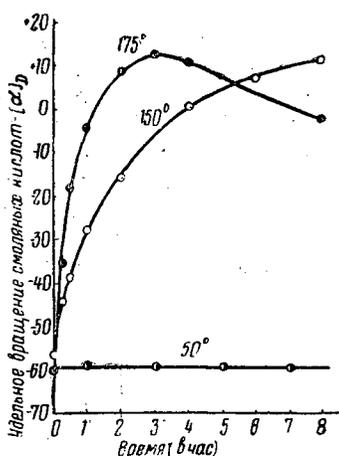


Рис. 2.

ным содержанием левопимаровой кислоты ( $[\alpha]_D - 288^\circ$ ) в смеси, к положительному, что свидетельствовало об увеличении содержания палюстровой ( $[\alpha]_D + 71,4^\circ$ ) и неоабиетиновой ( $[\alpha]_D + 175^\circ$ ) кислот в кислотной части живицы. При  $150^\circ$  такой переход происходил через 4 часа, а при дальнейшем нагревании удельное вращение продолжало возрастать. При  $175^\circ$  через 3 часа удельное вращение смоляных кислот достигало максимального положительного значения, равного  $+12,9^\circ$ , а затем начинало вновь переходить в отрицательное, что указывало на значительное увеличение относительного содержания абиетиновой кислоты ( $[\alpha]_D - 116,7^\circ$ ). Кратковременное нагревание живицы (до 10 мин) при  $150-175^\circ$  не влияет существенным образом на количество левопимаровой кислоты в ее кислотной части.

*Изменение содержания левопимаровой кислоты в живице при ее переработке в промышленных условиях*

Мы определили содержание левопимаровой кислоты в некоторых паспортизованных промышленных образцах живицы, полученных без применения химического воздействия (табл. 1).

Таблица 1

Химлесхоз	Содержание левопимаровой кислоты в %	Показатели по ТУ/НКЛес-10 в %			
		канифоль	скипидар	вода	сор
Бабаевский . . . . .	33,5	77,37	15,85	5,83	0,95
Брянский . . . . .	37,4	74,89	18,55	5,54	1,02
Борисовский . . . . .	35,6	77,66	17,42	4,40	0,52
Борский . . . . .	31,5	75,55	17,35	6,30	0,80

Из табл. 1 видно, что содержание левопимаровой кислоты в кислотной части живицы имеет заметные колебания, но, как правило, превышает 30%. При переработке живицы в промышленных условиях количе-

ство ее уменьшается по стадиям технологического процесса. Так, в условиях работы Нейво-Рудянского лесохимического комбината (как показали наши исследования) левопимаровой кислоты содержалось: в живице из загрузочной коробки — 32%, в терпентине из отстойника — 24,9% и в канифоли после канифолеварочной колонны — 3,1%. Таким образом, основное количество левопимаровой кислоты изомеризуется в процессе перегонки живицы. В табл. 2 приведены данные о содержании левопимаровой кислоты в кислотной части промышленных образцов канифоли, полученной при разных температурных режимах варки, а также основные показатели согласно ГОСТу 797—55.

Таблица 2

Завод	Температура варки канифоли, °С	Содержание левопимаровой кислоты в %	Показатели по ГОСТу 797—55	
			температура размычания, в°	кислотное число
Киевский . . . . .	155	11,4	69,0	168,8
" . . . . .	160	7,4	69,5	169,5
Горьковский . . . . .	168	5,6	70,4	169,5
Нейво-Рудянский . . . . .	172	3,9	69,6	171,4
Алитусский . . . . .	145—160	0,4	71,0	167,0
" . . . . .	145—160	0,5	71,0	167,0

Из табл. 2 видно, что между содержанием левопимаровой кислоты и температурой варки канифоли имеется определенная зависимость. Чем выше температура варки, тем ниже содержание левопимаровой кислоты в канифоли и при температуре выше 170° оно близко к нулю. Еще более резко это проявляется в условиях переработки живицы в периодически действующих кубах (Алитусский завод). Другие свойства канифоли, определяемые согласно требованиям ГОСТа 797—55, в изученных условиях переработки живицы на претерпевают существенных изменений.

Результаты проведенных исследований показывают, что кратковременное тепловое воздействие на живицу дает возможность сохранить в значительной степени левопимаровую кислоту и, следовательно, получить более реакционноспособную канифоль. Последнее может быть достигнуто применением новых конструкций канифолеварочных аппаратов, обеспечивающих достаточно полную отгонку летучих продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Х. Бауэр. Анализ органических соединений. И. Л., Москва, 1953.  
 [2]. Б. В. Ерофеев, С. Ф. Наумова. Сб. научных работ Института химии АН БССР, 1956. [3]. Н. Ф. Комшилов. Состав канифоли и строение смоляных кислот сосны и ели. Изд. АН СССР, 1955. [4]. С. С. Малевская. О первичных смоляных кислотах из живицы *Pinus silvestris*. Лесотехническая академия, С. М. Кирова, Л., 1941.  
 [5]. А. Г. Соколов, И. И. Бардышев. Гидролизная и лесохимическая промышленность, 2, 5, 1958. [6]. Л. Физер, М. Физер. Химия природных соединений феноантронового ряда. Госхимиздат, М.-Л., 1953. [7]. D. E. Baldwin, V. M. Loeblich, R. V. Lawrence. J. Am. Chem. Soc., 78. [8]. E. E. Fleck, S. Palkin. Ind Eng. Chem. Anal. Ed. [9]. V. M. Loeblich, D. E. Baldwin, R. T. O'Connor, R. V. Lawrence. J. Am. Chem. Soc., 77, 6311, 1955. [10]. V. M. Loeblich, D. E. Baldwin, R. V. Lawrence. J. Am. Chem. Soc. 77, 2823, 1955. [11]. V. M. Loeblich, R. V. Lawrence. J. Am. Chem. Soc., 79, 1497, 1957. [12]. P. F. Ritchie, L. F. McBurney. J. Am. Chem. Soc., 72, 1197, 1950. [13]. V. L. Simonsen. The Terpenes, V. Z. Cambridge, 1952.

Поступила в редакцию  
2 апреля 1959 г.

## О ПОЛУЧЕНИИ ФУРФУРОЛА ИЗ СОЛЯНОКИСЛЫХ ПРЕДГИДРОЛИЗАТОВ

### Сообщение 1

**Н. В. ЧАЛОВ**

Кандидат технических наук

(ВНИИ гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности)

**Ю. И. ХОЛЬКИН**

Ассистент

**А. С. ХОЛЬКИНА**

Ст. техник НИСа

**Г. А. КРЮКОВА**

Студентка

(Сибирский технологический институт)

В связи с разработкой технологии получения глюкозы из древесины с применением концентрированной соляной кислоты возникает вопрос о наиболее рациональном использовании головных фракций солянокислого гидролизата, или предгидролизата.

При дифференцированном гидролизе древесины, предложенном П. Н. Одинцовым еще в 1949 г. [5], или при предгидролизе, который может проводиться как разбавленной, так и концентрированной кислотой, в раствор переходит большая часть гемицеллюлоз древесины. В связи с этим доброкачественность гидролизатов, получаемых при основном гидролизе целлолигнина, значительно возрастает, что упрощает технологию дальнейшего выделения глюкозы и повышает ее выход.

В солянокислом предгидролизате содержится значительное количество пентозных сахаров, поэтому одним из интересных путей использования этого продукта является переработка его на фурфурол.

Первым шагом в решении вопроса о возможности получения фурфурола из солянокислых предгидролизатов явились проведенные нами опыты по дегидратации модельных растворов, содержащих чистую ксилозу. Для этой цели использовались водные растворы ксилозы с концентрацией ее до 10% при содержании в них 5% хлористого водорода. (Эта концентрация может быть получена при регенерации хлористого водорода путем вакуум-выпарки головных фракций солянокислого гидролизата, или предгидролизата, полученного при предгидролизе древесины концентрированной соляной кислотой. Более глубокая регенерация хлористого водорода из предгидролизата приведет к снижению скорости последующей дегидратации пентоз; более высокое содержание соляной

кислоты в растворе вызовет повышенный расход ее. Вопрос о регенерации хлористого водорода из фурфуролсодержащих паров, полученных при дегидратации растворов с более высоким содержанием соляной кислоты, требует дополнительного изучения). Проведено исследование влияния на скорость образования, выход и концентрацию фурфурола двух факторов — концентрации ксилозы в растворе и скорости отгонки.

Над получением фурфурола при дегидратации чистой ксилозы работали многие исследователи; в качестве катализаторов применялись серная кислота [9], [10], [16], бромистоводородная кислота [11], смесь кислот с солями [3] и т. д. Изучался вопрос образования фурфурола из различных пентоз в присутствии соляной кислоты [6], [12], [15], а также влияние различных факторов на выход фурфурола [7], [8], [14] и влияние температуры на скорость разложения ксилозы [12], [13]; показано, что при повышении температуры на 10°C скорость разложения примерно удваивается. В общем виде влияние температуры и концентрации ионов водорода на скорость разложения ксилозы  $k$  выражается уравнением:

$$k = \left( \frac{[H^+]}{0,05} \right) \cdot 10^{\left( \frac{-700}{T + 14,17} \right)} \quad (\text{мин}^{-1}),$$

где  $[H^+]$  выражена в *г-экв/л*,  $T$  — абсолютная температура.

#### Экспериментальная часть

Чистая ксилоза была приготовлена во ВНИИГСе путем многократной перекристаллизации технической ксилозы, полученной на Ферганском гидролизном заводе. Из тщательно измельченных и высушенных до воздушно-сухого состояния образцов отбиралась средняя проба, которая шла на анализ. Влажность ксилозы, определенная путем высушивания в вакуум-эксикаторе, равнялась 0,2%. Применявшаяся ксилоза имела желтоватый оттенок, реакция 10%-ного раствора была нейтральной; зольных веществ не содержалось, температура плавления ксилозы 144,5—145°C, ее озона — 156,5—157°C. Содержание пентоз в ксилозе при определении с флороглюцином [4] по таблицам Кребера [2] составляло 99,8%, по методу Куэльгрена и Тидена [1] — 100,2%.

Сто миллилитров раствора с определенным содержанием ксилозы и соляной кислоты помещалось в реакционную колбу емкостью 200 см<sup>3</sup>. Колба нагревалась на воздушной бане; фурфуролсодержащие пары отводились через теплоизолированный каплеуловитель и холодильник в приемный цилиндр. Предварительные опыты показали, что в выбранных условиях хлористый водород в дистиллят не переходит, поэтому в реакционную колбу непрерывно подавалась вода. Количество ее было равно количеству дистиллята, что контролировалось измерением объема в градуированной капельной воронке, подающей воду, и измерением объема дистиллята в приемном цилиндре. Равномерность подачи контролировалась также подсчетом капель подаваемой воды и отгоняемого дистиллята. Скорость отгона регулировалась путем изменения интенсивности нагрева воздушных бань; были выбраны три скорости отгонки: 75, 150 и 300 мл дистиллята в час. Температура жидкости в реакционных колбах и температура воздушных бань замерялась термометрами.

При скорости отгонки 300 мл в час производился отбор семи фракций дистиллята; первая и вторая фракции имели объем по 250 мл, последующие — по 500 мл. При скорости отгонки 150 мл в час отбирались две фракции по 250 мл и две по 500 мл. При скорости отгонки 75 мл в час отбирались три фракции по 250 мл. Полученные фракции анализировались (после соответствующего разбавления, которое подбиралось опыт-

ным путем) на содержание фурфурола, определяемого бромид-броматным методом [1]. По полученным данным рассчитывали количество фурфурола по фракциям, выход фурфурола от веса ксилозы и от теоретически возможного и процентное содержание фурфурола в дистилляте.

Проведены исследования по получению фурфурола из растворов с концентрацией ксилозы 1; 5 и 10%. Наибольший практический интерес представляют результаты, полученные при работе с 10%-ными растворами ксилозы. В табл. 1 приведены данные по получению фурфурола из 10%-ных растворов ксилозы при различной скорости отгонки дистиллята под атмосферным давлением (температура перегоняемой жидкости 102°C).

Таблица 1

Средняя скорость отгонки дистиллята мл/час	№ фракции	Объем фракции мл	Время отбора фракции мин	Концентрация фурфурола в дистилляте в %	Выход фурфурола		
					в г	в % от ксилозы	в % от теоретического
75	1	250	219	0,626	1,565	15,60	24,40
	2	250	213	0,384	0,958	9,56	14,90
	3	250	161	0,201	0,503	5,01	7,85
150	1	250	107	0,356	0,891	8,90	13,96
	2	250	85	0,259	0,648	6,47	10,2
	3	500	208	0,210	1,052	10,50	16,4
	4	500	217	0,154	0,768	7,67	12,0
300	1	250	52	0,208	0,519	5,19	8,10
	2	250	50	0,177	0,442	4,42	6,90
	3	500	90	0,152	0,760	7,60	11,85
	4	500	96	0,123	0,606	6,06	9,48
	5	500	106	0,112	0,561	5,61	8,80
	6	500	108	0,099	0,494	4,94	7,71
	7	500	106	0,072	0,361	3,61	5,65

Из таблицы видно, что скорость отгонки дистиллята влияет как на выход фурфурола, так и на его концентрацию. При одинаковом времени реакции (10 час) меньшая концентрация фурфурола получена при скорости отгонки 300 мл в час, а меньший выход его — при скорости отгонки 75 мл в час. Последнее объясняется тем, что при долгом пребывании в реакционной зоне фурфурол частично осмоляется (окрашенные продукты осмоления приводят к потемнению растворов в процессе перегонки). На выход фурфурола также оказывает влияние концентрация ксилозы в растворе. На рис. 1 приведены кривые образования фурфурола при концентрации ксилозы в исходном растворе 5% (кривая 4) и 10% (кривые 1—3). Из рисунка видно, что при переработке растворов с меньшим содержанием ксилозы получается более высокий выход фурфурола. Понижение выхода фурфурола при увеличении концентрации ксилозы в растворе объясняется тем, что в этих условиях более интенсивно проходят реакции высших порядков, в результате которых ксилоза превращается в смолистые продукты без образования фурфурола [7].

При решении вопроса о технологии получения фурфурола из предгидролизатов очень важным показателем является концентрация фурфурола в дистилляте. На рис. 2 приведены данные, показывающие

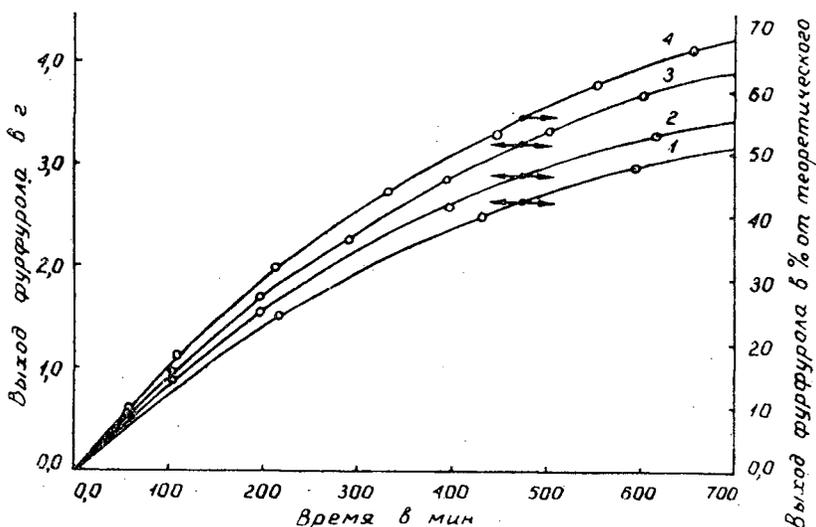


Рис. 1. Кинетика образования фурфурола из растворов ксилозы в соляной кислоте.

1, 2, 3—концентрация ксилозы в исходном растворе 10%, скорость отгона дистиллята 75; 150; 300 мл/час соответственно; 4—концентрация ксилозы в исходном растворе 5%, скорость отгона дистиллята 300 мл/час.

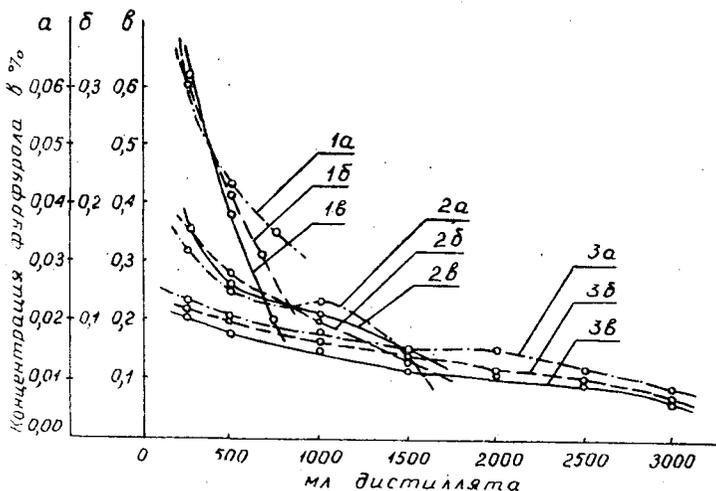


Рис. 2. Влияние условий отгонки на концентрацию фурфурола в дистилляте.

а— концентрация ксилозы в исходном растворе 1,0%; б—5%; в—10%;  
1— скорость отгона дистиллята 75 мл/час; 2—150 мл/час; 3—300 мл/час.

зависимость концентрации фурфурола в дистилляте от скорости отгонки и от концентрации ксилозы в исходном растворе. Данные получены при проведении процесса дегидратации ксилозы под атмосферным давлением в присутствии 5%  $\text{HCl}$ . Из рис. 2 видно, что характер изменения концентрации фурфурола в дистилляте сохраняется при различной концентрации ксилозы в исходном растворе. Абсолютные значения концентрации убывают с уменьшением концентрации ксилозы в исходном растворе, с увеличением скорости отгонки и с течением времени пере-

гонки. Изменения средних концентраций фурфурола в дистилляте при времени перегонки, равном 10 час, иллюстрируется данными табл. 2. Таким образом, с целью получения большего выхода фурфурола желательно проводить дегидратацию более разбавленных растворов пентозных сахаров, но снижение концентрации сахаров приводит к уменьшению содержания фурфурола в дистилляте и к увеличению расхода тепла на проведение процесса перегонки. Возможно, что при проведении процесса с более концентрированной кислотой отрицательное влияние высокой концентрации ксилозы на выход фурфурола будет сказываться в меньшей степени, так как уменьшится время реакции.

Таблица 2

Исходная концентрация ксилозы в растворе в %	Концентрация фурфурола в дистилляте в % при скорости отгонки		
	75 мл в час	150 мл в час	300 мл в час
1	0,047	0,022	0,015
5	0,229	0,110	0,070
10	0,403	0,224	0,125

Вследствие мягких условий реакции, применявшихся при проведении процесса дегидратации ксилозы, образование фурфурола в каждом опыте продолжалось более десяти часов.

При разработке практических режимов переработки предгидролизатов\* для ускорения процесса можно применить повышенные темпе-

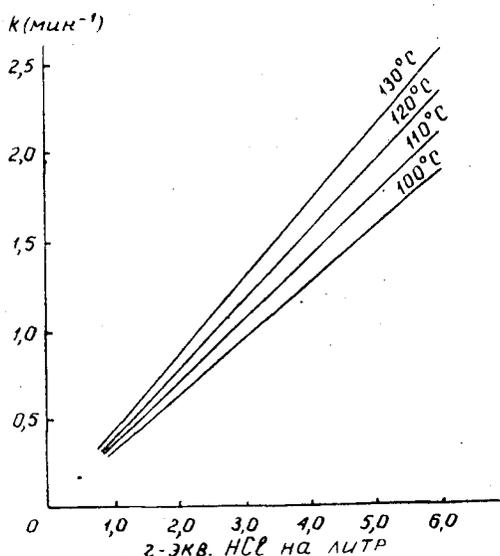


Рис. 3. Зависимость константы скорости разложения ксилозы от концентрации соляной кислоты в растворе и температуры.

\* Мы считаем, что проведение дегидратации солянокислых предгидролизатов может проводиться на станции вакуум-выпарки солянокислого гидролизата непосредственно в выпарных аппаратах одновременно с процессом регенерации хлористого водорода или после окончания его. Ввиду нежелательности повышенного давления в аппаратах при работе с соляной кислотой процесс дегидратации более целесообразно проводить при атмосферном давлении.

ратуры (и соответственно — давления) или концентрации хлористого водорода в растворе. Для расчета наиболее желательных параметров можно воспользоваться приведенной выше формулой. Графический анализ этой формулы (рис. 3) показывает, что основное влияние на скорость разложения ксилозы и, следовательно, на скорость образования фурфурола, оказывает концентрация хлористого водорода в растворе. Влияние температуры в области 100—130°C сказывается в меньшей степени; кроме того, следует учитывать, что при повышении температуры (и, соответственно — давления) уменьшается коэффициент фазового распределения фурфурола, в результате чего снижается концентрация фурфурола в парах.

Из рис. 3 видно, что повышение кислотности при 100°C от 5 до 15% (от 1,38 до 4,1 N соответственно), приводит к увеличению константы скорости разложения ксилозы в три раза. Однако данные, приведенные на рисунке, не учитывают влияния концентрации ксилозы на скорость ее разложения и выход фурфурола. Поэтому для выбора оптимальных условий переработки предгидролизата с целью получения фурфурола требуется проведение дополнительных исследований с применением более концентрированных растворов соляной кислоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ч. Доре. Методы исследования в химии целлюлозы. ГЛТИ, М., 1935, стр. 319—320. [2]. Н. Н. Иванов. Методы физиологии и биохимии растений. Сельхозгиз, М.-Л., 1946, стр. 480. [3]. В. П. Леванова, В. И. Шарков. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 7, 1956, стр. 3—5. [4]. Н. И. Никитин. Химия древесины. Изд. АН СССР, М.-Л., 1951, стр. 201—203, 358—361. [5]. П. Н. Одинцов, З. П. Корницкая. Известия АН Латвийской ССР, № 6 (23), 1949, стр. 91—100. [6]. Т. Н. Руднева, С. Д. Антоновский. Руководство к практическим работам по химии древесины и целлюлозы, Л., 1951, стр. 19. [7]. Н. М. Четвериков. Физико-химические принципы технологических расчетов процессов получения фурфурола. Диссертация, М., 1946, стр. 51—54. [8]. Н. М. Четвериков. Гидролизная промышленность СССР, № 1, 1949, стр. 6—9. [9]. В. И. Шарков. Гидролизное производство, т. 1, ГЛТИ, М., 1945, стр. 215—219. [10]. В. И. Шарков, И. И. Корольков, Д. М. Хай, Е. Н. Гарманова, А. В. Крупнова. Сборник трудов ВНИИГС, т. VI, 1958, стр. 89—91. [11]. G. A. Adams, A. E. Castagne. Canadian Journ. of Research, 1948, 26 B, № 3, pp. 309—313. [12]. A. P. Dunlop, Ind. Eng. Chem., № 2, 40, 1948; pp. 204—209. [13]. A. P. Dunlop, F. N. Peters. The Furans. Reinhold Publ. Corporation, 1953, p. 293. [14]. C. D. Hurd, L. L. Isenhour. Journal of American Chemical Society, № 1, 54, 1932, pp. 317—330. [15]. C. Kullgren, H. Tyden. Handl. Ing. Vetenskaps Ak. Stockholm, № 24, 1929. [16]. R. Love. Biochemical Journal, № 1, 55, 1953, pp. 126—132. [17]. A. W. Schorger. Industrial and Engineering Chemistry, 15, 1923, p. 748.

Поступила в редакцию  
30 июля 1959 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ  
УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

**В. И. ШТАПКИН**

Инженер

(Московский лесотехнический институт)

В лабораториях определение оптимальной влажности производится на приборах стандартного уплотнения, что в полевых условиях подчас невыполнимо из-за отсутствия приборов и длительности определения.

Проще и удобнее это делать расчетным путем по величине границы текучести (то есть по верхнему пределу пластичности грунтов) при помощи конуса Васильева А. М.

Влажность, соответствующая границе текучести грунта, и оптимальная влажность его уплотнения являются физико-химическими константами и находятся между собой в коррелятивной связи. Корреляция границы текучести и оптимальной влажности уплотнения грунтов обусловлена тем, что при прочих равных условиях эти два показателя являются функцией степени дисперсности гранулометрического состава грунтов, то есть функцией удельной поверхности грунтовых частиц. Изменение гранулометрического состава грунта ведет за собой изменение величины границы текучести и оптимальной влажности.

Следовательно, величину оптимальной влажности уплотнения грунтов можно выразить через переводные коэффициенты *K* по влажности, соответствующей границе текучести грунта.

Автором статьи проведены исследования с целью установления этой коррелятивной связи и определения переводных коэффициентов для расчета оптимальной влажности по величине границы текучести на грунтах различного гранулометрического состава ледниково-моренного генезиса (табл. 1).

Качественный минералогический состав исследованных грунтов одинаков, так как грунты № 2 и № 5 приготовлены из грунтов № 1 и № 6 (песчаного и глинистого) методом смешивания в соответствующих пропорциях.

Таблица 1

Наименование грунтов	Содержание фракций в %		
	песок 2,0—0,05 мм	пыль 0,05—0,005 мм	глина менее 0,005 мм
Песчаный . . . . .	94	2	4
Пылеватый . . . . .	71	17	12
Суглинистый . . . . .	62	23	15
Тяжелосуглинистый . . . . .	47	33	20
Суглинистый пылеватый . . . . .	33	42	24
Глинистый . . . . .	16	53	31

Как видно из табл. 1, исследованием были охвачены все виды грунтов по дорожной классификации за исключением песчаных пылеватых, супесчаных и супесчаных мелких.

Оптимальная влажность уплотнения грунтов определялась на приборе стандартного уплотнения; границы текучести — конусом Васильева, причем каждое определе-

ние проводилось по пять раз, а затем вычислялось среднее значение. Расхождение параллельных результатов колебалось в пределах 0,2—0,5% абсолютных величин.

Результаты определений коэффициента  $K$  (отношения оптимальной влажности к границе текучести) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование грунтов	Оптимальная влажность %	Граница текучести в %	$K = \frac{W_{\text{опт}}}{W_{\text{гр. тек.}}}$
Песчаный . . . . .	11	18	0,61
Пылеватый . . . . .	9	18	0,50
Суглинистый . . . . .	10	21	0,48
Тяжелосуглинистый . . . . .	11	24	0,46
Суглинистый пылеватый . . . . .	12	28	0,43
Глинистый . . . . .	14	35	0,40

Изменение коэффициента  $K$  происходит последовательно равномерно на 0,02—0,03 для каждой ступени гранулометрического состава.

Скачок  $K$  от 0,50 до 0,61 объясняется отсутствием трех видов грунтов (о чем было сказано выше).

Учитывая это, путем интерполяции получаем величину изменения  $K$  (0,03). Приняв этот расчет во внимание, предполагаем значение коэффициента  $K$  для не имеющих в табл. 2 грунтов, а именно:

Песчаный пылеватый грунт . . . . .	0,58
Супесчаный грунт . . . . .	0,55
Супесчаный мелкий грунт . . . . .	0,52

Пользуясь указанными коэффициентами  $K$ , можно рассчитать с достаточной точностью для практических целей оптимальную влажность уплотнения грунтов, определив влажность, соответствующую границе текучести.

Поступила в редакцию  
27 марта 1959 г.

## ПЛОДОНОШЕНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПЕРЕСТОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ

Ю. Н. АЗНИЕВ

Доцент

(Белорусский лесотехнический институт)

В связи с ведением в лесах I группы лесовосстановительных рубок, вопрос о плодоношении и качестве семян в перестойных насаждениях приобретает большое практическое значение.

Работникам лесного хозяйства важно знать о целесообразности сбора семян с перестойных деревьев, а также о возможности рассчитывать на удовлетворительное по количеству и качеству семян обсеменение лесосек при разных системах рубок.

Выяснение закономерностей плодоношения высоковозрастных сосновых насаждений имеет и теоретический интерес, так как специальных исследований в этом направлении до последнего времени почти не проводилось, а имеющиеся в литературе сведения о влиянии возраста древостоев на урожай и качество семян сосны противоречивы.

Большинство исследователей, изучавших влияние возраста насаждений на плодоношение сосны обыкновенной, пришли к выводу, что с повышением возраста древостоев урожай семян в них непрерывно увеличивается.

По данным же проф. О. Г. Каппера [3], наибольшее количество шишек и семян дают древостои III и II классов возраста, а по наблюдениям проф. А. Г. Марченко [4] максимальное количество семян падает в насаждениях IV и V классов возраста.

Не менее противоречивы и сведения о влиянии возраста древостоев на качество семян сосны.

Так, например, проф. А. В. Тюрин указывает на «однородность качества семян, полученных с материнских деревьев разного возраста». По О. Г. Капперу наиболее тяжелые семена дают насаждения IV и V классов возраста. А. П. Тольский [7] отмечает низкую всхожесть семян десятилетних сосен, а по М. Н. Антонову [1] семена девятилетних сосен дали всхожесть более высокую, чем семена 100—120-летних сосен.

Д. Я. Гиргидов [2], И. И. Старченко [6] и Н. В. Напалков [5] также указывают на высокие качества семян сосны, собранных в насаждениях I и II классов возраста.

С целью выявления влияния высокого возраста насаждений на урожай и качество семян сосны нами в 1953 г. был проведен учет плодоношения в перестойных насаждениях Государственного заповедника «Беловежская пуца»\* и в спелом древостое в Негорельском учебно-опытном лесхозе.

Пробные площади были заложены в насаждениях типа сосняк-брусничник I бонитета, произрастающих на дерновых слабо и средне оподзоленных почвах, развивающихся на связанном песке и подстилаемых рыхлым песком, при различных полнотах и возрастах (100, 130, 170 и 210 лет).

На пробных площадях был проведен сплошной пересчет деревьев с отметкой плодоносящих. Для учета урожая шишек на каждой пробе взято по пять модельных деревьев. Одно модельное дерево в разновозрастном сосняке-брусничнике было срублено в возрасте 240 лет. Учет на срубленных деревьях проводился одновременно двумя методами: сплошного учета и биологическим.

Результаты учета урожая шишек приводятся в табл. 1.

\* В сборе и обработке материала принимали участие студенты Л. С. Пашкевич и А. В. Харитонюк.

Таблица 1

Возраст	Процент плодоносящих деревьев	Урожайность шишек на 1 га в тыс. шт. по годам						Среднее (за 5 лет) колич. шишек на 1 плодоносящее дерево I класса роста
		1950	1951	1952	1953	1954	средняя	
100	88,7	13,5	70,2	61,9	83,8	31,1	52,1	222
130	91,8	52,0	59,6	81,1	80,7	57,0	66,1	287
170	91,4	72,5	145,1	159,5	126,4	36,9	108,9	664
210	91,7	24,3	83,8	116,8	112,3	126,2	92,3	792
240								994

Из данных табл. 1 видно, что:

1) перестойные насаждения Беловежской пуши отличаются высоким плодоношением,

2) максимальный урожай шишек за период 1950—1954 гг. на 1 га дает 170-летнее насаждение,

3) с увеличением возраста древостоев от 130 до 210 лет количество плодоносящих деревьев, выраженное в процентах от их общего числа, почти не меняется, составляя во всех случаях около 92%,

4) среднее количество шишек на одно плодоносящее дерево I класса роста с возрастом непрерывно увеличивается.

Для более полного представления о плодоношении деревьев сосны обыкновенной с изменением возраста в табл. 2 приводится расчет количества шишек, приходящихся на 1 м<sup>3</sup> объема кроны и на 1 м<sup>2</sup> поверхности кроны модельных деревьев.

Таблица 2

Возраст, лет	Размеры кроны					Количество шишек	
	радиус в м	высота в м	образующ. в м	объем в м <sup>3</sup>	боковая поверхность в м <sup>2</sup>	на 1 м <sup>3</sup> кроны	на 1 м <sup>2</sup> поверхности кроны
100	3,8	12,0	12,6	180,9	150,1	1,2	1,5
130	5,3	10,0	11,3	282,9	185,7	1,0	1,6
170	4,7	12,4	13,2	285,4	194,7	2,3	3,4
210	4,0	11,6	12,2	194,4	151,3	4,1	5,3
240	6,0	12,4	13,8	467,2	256,2	2,1	3,8

Данные табл. 2 показывают, что количество шишек на 1 м<sup>3</sup> и 1 м<sup>2</sup> кроны у деревьев 100—130 лет почти одинаково, затем к 210 годам плодоношение непрерывно увеличивается, а к 240 годам — уменьшается.

Нами изучено также качество семян в спелом и перестойном насаждениях. Результаты этих исследований помещены в табл. 3.

Таблица 3

Возраст лет	Урожай полнозернистых семян на 1 га		Вес 1000 шт. полнозернистых семян, г	% полнозернистых семян	Энергия прорастания	Абсолютная всхожесть, %	Средняя скорость прорастания (в днях)	% выхода семян ст. веса сырых шишек
	тыс. шт.	кг						
100	297,0	1,68	5,64	94,7	91,1	96,2	5,4	1,36
130	358,9	2,25	6,27	93,9	92,7	96,9	5,0	1,11
170	297,7	1,45	4,87	94,1	82,8	86,6	5,1	1,37
210	554,6	3,02	5,43	86,4	84,9	93,5	6,4	1,02
240		—	5,25	90,5	87,4	91,2	6,0	1,10

Как видно из табл. 3, плодоношение семян урожая 1954 г. увеличивается с возрастом насаждений. При этом максимальный урожай семян (по весу он оказался в 210-летнем древостое) почти вдвое превышает урожай столетнего насаждения и более чем вдвое — 170-летнего.

В строгой зависимости между абсолютным весом полнозернистых семян, их всхожестью, энергией прорастания и возрастом насаждений нет, хотя можно отметить, что в 100—130-летних насаждениях эти показатели несколько выше, чем в 170—240-летних.

Что касается других показателей качества семян, то они варьируют незначительно и эти изменения не находятся в какой-либо связи с возрастом древостоев.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно прийти к заключению, что несмотря на значительные колебания величин урожаев шишек и семян в отдельные годы, затрудняющих установление закономерностей их изменения в связи с возрастом древостоя, в данном случае — для сосняков-брусничников — в возрасте от 100 до 210 лет не только не происходит снижения энергии плодоношения, но имеется явная тенденция к увеличению урожая. При этом семена спелых и перестойных сосняков-брусничников отличаются высокими качествами и большой однородностью.

Среднее (за пять лет) количество шишек на одном дереве I класса роста показывает, что возрасты деревьев 210 и даже 240 лет сосны обыкновенной не являются тем пределом, в котором происходит заметное ослабление репродуктивной способности.

Обильность плодоношения и высокие качества семян высоковозрастных сосняков-брусничников позволяют считать вполне целесообразным осуществление в этих насаждениях семенозаготовок на лесосеках главных рубок, проведение постепенных и группово-выборочных рубок, оставление семенников при сплошных рубках и проведение других мероприятий по содействию естественному возобновлению сосны как на вырубках, так и под пологом леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Антонов. Влияние возраста материнского древостоя на качество семян. «Лесное хозяйство» № 3, 1938. [2]. Д. Я. Гиргидов. Методы повышения плодоношения сосны. Сб. «Исследования по лесному хозяйству», Л., 1948. [3]. О. Г. Каннер. Хвойные породы. М.-Л., 1954. [4]. А. Г. Марченко. Семеношение сосновых насаждений. Труды по лесному опытному делу в России, вып. 38, 1912. [5]. Н. В. Напалков. Плодоношение древесно-кустарниковых пород и семенные хозяйства в лесах Среднего Поволжья. Сб. «40 лет лесного опытного дела в Татарии». Казань, вып. X, 1952. [6]. И. И. Старченко. Устранить недостатки при сборе и хранении лесных семян. «Лес и степь» № 10, 1950. [7]. А. П. Тольский. Плодоношение сосновых насаждений. 1922.

Поступила в редакцию  
11 июля 1958 г.

## К РАСЧЕТУ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРЯМЫМИ СОЛНЕЧНЫМИ ЛУЧАМИ КРОН ДЕРЕВЬЕВ И ПОЧВЫ В ДРЕВОСТОЕ

Г. Н. КОРЕЛЬСКИЙ

Кандидат технических наук

(Петрозаводский государственный университет)

Выращивание в кратчайшие сроки хозяйственно ценной древесины требует всестороннего учета экологических факторов и, в том числе, солнечной энергии, приходящей с прямыми лучами к деревьям и почве. Так как влияние прямых лучей на рост деревьев значительно, то лесоведам, желающим наиболее правильно использовать солнечную энергию, интересно знать, как следует расположить деревья относительно друг друга, чтобы они получили оптимальное количество энергии определенного качества.

Нами рассмотрены условия и способы, которые позволили бы с достаточной точностью для практики приложить известные правила теории теней, изложенной в начертательной геометрии, к наглядному определению степени освещенности кроны деревьев и почвы под древостоем. Ниже перечисляются условия для построения теней и даются краткие пояснения к ним.

*Географические координаты местности* позволяют установить среднее время сияния солнца за определенный период. Направление солнечных лучей связано с географической широтой, сезоном года и временем суток.

*Рельеф местности* оказывает большое влияние на продолжительность и интенсивность освещения.

*Форма и размеры кроны.* При построении падающих теней удобно воспользоваться обертывающими поверхностями в виде поверхностей простейших геометрических тел.

*Конструкция древостоя* (полнота, расположение деревьев относительно друг друга и т. д.) представляет собою с точки зрения начертательной геометрии обычное условие и потому не требует пояснений.

Способность кроны пропускать солнечные лучи  $K$  количественно может быть выражена отношением

$$K = \frac{S_1}{S_2},$$

где  $S_1$  — площадь «солнечных пятен» на какой-либо плоскости;

$S_2$  — площадь падающей тени вместе с «солнечными пятнами» на той же плоскости.

С некоторым допущением (не учитывая тени, отбрасываемой освещенной частью ствола и веток на листья данного дерева) площадь  $S$  листы, подверженной прямому облучению, можно определить по формуле

$$S = S_2 (1 - K) \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  — угол наклона солнечных лучей к плоскости, на которую падает тень. Лучепропускаемость в течение суток изменяется.

Вышеперечисленные условия позволяют решить известную задачу\* по построению тени, падающей от одного дерева на другое в различное время суток и, таким

\* По этой причине решение здесь не приводим.

образом, воссоздать полную картину облучения почвы и кроны деревьев древостоя.

В исследованиях по установлению степени освещенности кроны деревьев и почвы могут быть использованы в некоторых случаях рисунки и фотографии, дешифрирование которых основано также на теории теней.

В заключение следует сказать, что применение правил начертательной геометрии к определению степени освещенности кроны деревьев и почвы в древостое, насколько известно, не изложенное в литературе, возможно, а благодаря наглядности решения поставленной задачи, желательно. Графический способ поможет физиологам и лесоводам в их исследованиях по выявлению закономерности влияния прямых солнечных лучей на развитие деревьев различных пород, что позволит в свою очередь сделать ряд практических выводов при проектировании лесонасаждений (выбор направления рядов, густоты насаждения, породы и т. д.) при расчете оптимальных размеров и формы «окон» в группово-выборочных рубках, при определении зоны кроны со здоровыми семенами и т. д.

Поступила в редакцию  
21 марта 1959 г.

## О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СЕМЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО КЛАССАМ БОНИТЕТА

*К. Е. НИКИТИН*

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Украинская академия сельскохозяйственных наук)

Принципы и практические нормативы распределения насаждений по классам бонитета были разработаны проф. М. М. Орловым около 50 лет тому назад. Предложенная им общепонитировочная шкала, хотя и не всегда отражает действительный характер изменений средних высот с возрастом, тем не менее позволила лесоводам существенно упростить классификацию насаждений по продуктивности, а также значительно улучшить качество таксации лесных массивов и организации хозяйства в них.

Как показывают проведенные исследования, общепонитировочная таблица не дает достаточно удовлетворительных результатов лишь при таксации насаждений, отличающихся относительно быстрым или замедленным ростом в молодом возрасте. Что касается умеренно растущих древостоев, то есть наиболее часто встречающихся в природе, то применение здесь этих нормативов является вполне оправданным.

Вместе с тем понитировочная таблица проф. Орлова имеет, по нашему мнению, другой существенный недостаток, заключающийся в том, что приводимые в ней высоты даны с округлением — в целых метрах. Это часто приводит к недоразумениям в практической работе и неоправданным критическим замечаниям в адрес таблицы.

В целях устранения этих недостатков нами проведено математическое выравнивание цифровых показателей общепонитировочной таблицы проф. Орлова для семенных насаждений. Результаты работы приведены в табл. 1.

Нам представляется, что выравненная понитировочная шкала позволит работникам лесохозяйственного производства с большей точностью классифицировать насаждения по классам бонитета.

Таблица I

Возраст, лет	Высоты семенных насаждений (в м) по классам бонитета									
	Ib	Ia	I	II	III	IV	V	Va		
10	6,9-5,9	5,8-5,0	4,9-4,0	3,9-3,0	2,9-1,9	1,8-0,9	0,8---			
15	9,9-8,7	8,6-7,4	7,3-6,1	6,0-4,8	4,7-3,5	3,4-2,1	2,0-0,8	0,7 ---		
20	12,7-11,1	11,0-9,5	9,4-7,9	7,8-6,4	6,3-4,8	4,7-3,2	3,1-1,6	1,5-0,1		
25	15,2-13,4	13,3-11,6	11,5-9,8	9,7-8,0	7,9-6,2	6,1-4,4	4,3-2,5	2,4-0,8		
30	17,5-15,5	15,4-13,5	13,4-11,5	11,4-9,5	9,4-7,4	7,3-5,4	5,3-3,4	3,3-1,4		
35	20,0-17,8	17,7-15,5	15,4-13,2	13,1-11,0	10,9-8,7	8,6-6,4	6,3-4,1	4,0-2,0		
40	22,0-19,6	19,5-17,1	17,0-14,7	14,6-12,3	12,2-9,8	9,7-7,4	7,3-4,9	4,8-2,5		
45	23,9-21,3	21,2-18,7	18,6-16,1	16,0-13,5	13,4-10,9	10,8-8,3	8,2-5,6	5,5-3,1		
50	25,9-23,1	23,0-20,3	20,2-17,5	17,4-14,7	14,6-11,9	11,8-9,1	9,0-6,3	6,2-3,6		
55	27,7-24,7	24,6-21,7	21,6-18,8	18,7-15,8	15,7-12,9	12,8-9,9	9,8-7,0	6,9-4,1		
60	29,2-26,2	26,1-23,1	23,0-20,0	19,9-16,9	16,8-13,8	13,7-10,7	10,6-7,6	7,5-4,6		
65	30,7-27,5	27,4-24,3	24,2-21,0	20,9-17,8	17,7-14,6	14,5-11,4	11,3-8,2	8,1-5,1		
70	32,0-28,8	28,7-25,4	25,3-22,0	21,9-18,7	18,6-15,4	15,3-12,1	12,0-8,8	8,7-5,5		
75	33,3-29,9	29,8-26,5	26,4-23,0	22,9-19,6	19,5-16,2	16,1-12,8	12,7-9,3	9,2-5,9		
80	34,4-31,0	30,9-27,5	27,4-24,0	23,9-20,4	20,3-16,9	16,8-13,4	13,3-9,8	9,7-6,3		
85	35,6-32,0	31,9-28,4	28,3-24,8	24,7-21,2	21,1-17,6	17,5-13,9	13,8-10,2	10,1-6,7		
90	36,6-33,0	32,9-29,3	29,2-25,6	25,5-21,9	21,8-18,2	18,1-14,4	14,3-10,7	10,6-7,0		
95	37,5-33,8	33,7-30,0	29,9-26,2	26,1-22,5	22,4-18,7	18,6-14,8	14,7-11,1	11,0-7,4		
100	38,3-34,5	34,4-30,7	30,6-26,8	26,7-23,0	22,9-19,2	19,1-15,4	15,3-11,5	11,4-7,8		
110	39,6-35,8	35,7-31,9	31,8-27,9	27,8-24,0	23,9-20,1	20,0-16,1	16,0-12,2	12,1-8,4		
120	40,8-36,8	36,7-32,8	32,7-28,8	28,7-24,8	24,7-20,8	20,7-16,8	16,7-12,8	12,7-8,9		
130	41,7-37,7	37,6-33,7	33,6-29,6	29,5-25,6	25,5-21,4	21,3-17,4	17,3-13,3	13,2-9,3		
140	42,4-38,3	38,2-34,2	34,1-30,1	30,0-26,0	25,9-21,9	21,8-17,8	17,7-13,7	13,6-9,6		
150	42,8-38,7	38,6-34,6	34,5-30,5	30,4-26,4	26,3-22,3	22,2-18,1	18,0-13,9	13,8-9,9		
160	43,0-39,0	38,9-34,9	34,8-30,8	30,7-26,7	26,6-22,6	22,5-18,4	18,3-14,1	14,0-10,2		
180	43,5-39,5	39,4-35,3	35,2-31,1	31,0-27,0	26,9-22,8	22,7-18,7	18,5-14,4	14,3-10,4		
200	43,7-39,7	39,6-35,5	35,4-31,2	31,1-27,1	27,0-22,9	22,8-18,7	18,6-14,5	14,4-10,5		

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ТВОРЧЕСКИ ИСПОЛЬЗОВАТЬ МЕТОДЫ  
ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Н. А. МОИСЕЕВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Институт леса и лесохимии АН СССР)

19 февраля 1960 г. при Институте леса и лесохимии АН СССР состоялось совещание по вопросам применения авиации для устройства лесов Севера. В нем приняли участие сотрудники Института леса и лесохимии АН СССР, Ленинградского и Архангельского лесотехнического института, работники Всесоюзного объединения «Леспроект», лесоустroительных экспедиций, лесного хозяйства и лесной промышленности Ленинградского, Вологодского и Архангельского совнархозов.

В своем вступительном слове директор Института академик ВАСХНИЛ И. С. Мелехов отметил все возрастающее значение авиации в лесном хозяйстве и особенно в лесоустройстве, указал на необходимость творческого подхода к применению разных методов лесоустройства, в частности, при устройстве обширных лесных пространств таежной зоны.

И. С. Мелехов указал на специфичность лесов Крайнего Севера, их защитное значение, важность рационализации методов учета этих лесов и на необходимость экономичности проводимых в них лесоустroительных работ.

До настоящего времени в лесоустройстве слабо используются аэроснимки, недостаточно разработана методика их дешифрирования, еще применяется устаревшее оборудование.

На совещании были заслушаны и обсуждены доклады:

1. «Творческие основы спектральной аэрофотосъемки лесов» — старшего научного сотрудника лаборатории аэрометодов АН СССР С. В. Белова;

2. «Техника устройства лесов Мезенского лесхоза» — начальника 2-й Ленинградской аэрофотолесоустroительной экспедиции А. К. Ламова;

3. «Вопросы методики дешифрирования аэроснимков при разных видах лесо-

инвентаризации в условиях Севера» — профессора Ленинградского лесотехнической академии Г. Г. Самойловича.

С. В. Белов в своем докладе изложил принципы спектральной аэрофотосъемки лесов, в основе которой лежит различная отражательная способность разными древесными породами инфракрасной (невидимой) части спектра.

Докладчик убедительно показал преимущества спектральной фотосъемки по сравнению с обычной черно-белой, возможность более точного дешифрирования аэрофотоснимков при лесоустройстве, охарактеризовал применяющиеся фотоматериалы, их преимущества и недостатки, а также способы их обработки.

Кроме того, он подчеркнул необходимость широкого перехода к изготовлению и применению более крупномасштабных снимков (1 : 150 000).

А. К. Ламов охарактеризовал состояние техники и организации лесоустройства применительно к устраиваемым лесам Мезенского лесхоза.

Эти леса устраиваются тремя методами: наиболее лесистая часть — наземным путем по IV разряду лесоустройства, районы с лесистостью 20—40% — по IV разряду с аэротаксационным описанием межвизирных пространств, остальная значительная часть территории с лесистостью 10—20% и обширными болотами — посредством аэротаксации.

В своем докладе проф. Г. Г. Самойлович подверг критике принятую в практике лесоустройства Мезенского лесхоза комбинацию лесоустroительных работ, считая целесообразным и экономически оправданным сочетание наземного способа не с аэротаксацией, а с дешифровочным описанием лесов по аэроснимкам. Он призвал производителей к более смелому и широкому использованию дешифровочных свойств аэроснимков в лесоустройстве.

При обсуждении докладов выступили П. А. Сергеев (Объединение «Леспроект»), И. Е. Флоринский (трест Лесной авиации), Н. А. Шишкин (Вологодский лесоустроительный трест), Н. С. Анурьев (Архангельское управление лесного хозяйства), А. П. Кобзарь (трест Лесной авиации), О. А. Неволин (Архангельская лесоустроительная экспедиция) и др., высказавшие ряд ценных предложений.

В частности, выступившие отметили необходимость внедрения цветной съемки в лесоустройстве, целесообразность сочетания спектральной аэрофото-съемки при лесоустройстве с определен-

ным объемом наземных работ, необходимость проведения дальнейших исследований по аэрофотосъемке, важность укрепления связи науки с производством и т. д.

Совещание признало необходимость всемерного использования методов спектральной аэрофото-съемки при устройстве лесов Севера.

В решении совещания содержатся рекомендации по дальнейшему развитию методов лесоустройства с учетом экономических и природных условий наших обширных таежных лесов.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕХАНИЗАЦИИ  
ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ

Обрезка сучьев, являющаяся одной из операций лесозаготовок, требует значительных затрат времени и напряжения сил рабочего. Поэтому очень желательно механизировать этот процесс, так как это повысит производительность труда и облегчит работу.

До сих пор не было правильного представления о состоянии вопроса разработки механизмов для удаления сучьев и оценки имеющихся механизмов. Это отсутствие в значительной степени восполняется монографией Э. А. Павлова.

Основа книги в общем правильная. Циклограмма работы топором, история развития механизмов, комплексный обзор современных переносных сучкорезных механизмов и стационарных агрегатов отечественных и зарубежных — все это дает читателю возможность составить представление о работе в области механической обрезки сучьев и перспективах дальнейшего ее развития. Этому способствует и то обстоятельство, что в книге имеется подробная техническая характеристика ряда механизмов.

Очень хорошо представлен раздел об итогах исследовательских работ, особен-

но о количественном распределении сучьев по деревьям разных толщин и пород и по типам леса, а также об особенностях резания сучьев. Целесообразней, пожалуй, было бы в книге дать эту главу первой, чтобы читатель, оценивая любой механизм, мог тотчас же решить, удовлетворяет ли он основным требованиям.

Также положительной следует признать оценку механизмов по их производительности (выраженной в различии между работой ручной и с применением механизмов) и установление пределов употребления переносных установок для обрезки сучьев.

В книге отсутствуют физиологические данные, которые очень важны для выявления напряженности труда при работе с отдельными механизмами.

Не приведены также убедительные доказательства преимуществ пильной цепи со строгоющим зубом для целей удаления сучьев.

В общем книгу следует оценить весьма положительно; она вполне отвечает своему назначению, изложенному в предисловии.

Инж. Иозеф Янке,  
Инж. Ансельм Бутора

*Научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства, Оравский подзамок,  
Чехословакия.*

\* Э. А. Павлов. Состояние и перспективы механизации обрезки сучьев. М.-Л., Гослесбуиздат, 1958.

## ЮБИЛЕИ

## ЮБИЛЕИ А. А. БАЙТИНА

(К 60-летию со дня рождения и 30-летию научной педагогической и общественной деятельности)

(Ленинградская лесотехническая академия)

7 января 1960 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 30 лет научно-педагогической и общественной деятельности видного ученого в области советского лесоустройства доц., канд. экономических наук Айзика Абрамовича Байтина.

Имя А. А. Байтина широко известно среди работников науки и производства в лесном хозяйстве нашей страны и за рубежом. В годы учебы в быв. Лесном институте в Ленинграде, который он окончил в 1926 г. Айзик Абрамович принял активное участие в организации и перестройке учебного процесса. Будучи еще студентом А. А. Байтин, благодаря своим способностям, обратил на себя внимание крупного ученого и деятеля в области лесного хозяйства проф. М. М. Орлова. После окончания академии до 1930 г. А. А. Байтин работал на производстве таксатором, помощником окружного лесничего и специалистом по опытной части в Лисинском лесхозе, а в 1930 г. как специалист высокой квалификации, способный к научно-педагогической деятельности, был приглашен проф. М. М. Орловым на кафедру лесоустройства.

В ранний период своей работы в академии, а также в Центральном научно-исследовательском институте лесного хозяйства, он успешно разрабатывает вопросы учета лесов и планирования в лесном хозяйстве и в лесной промышленности.

В годы Великой Отечественной войны А. А. Байтин проводит важную комплексную научную работу по рационализации лесного хозяйства на Урале, которая имела большое практическое значение для лесного хозяйства, выполнявшего заказы оборонной промышленности.

После Великой Отечественной войны в 1947 г. А. А. Байтин по конкурсу был единогласно избран заведующим кафедрой лесоустройства в академии.

Под руководством А. А. Байтина и при его большом участии был создан в 1950 г. первый в советский период учебник по лесоустройству для лесных вузов. Появление этого учебника знаменовало очень важный факт — возникновение и развитие советского лесоустройства, принципиально отличного от лесоустройства капиталистических стран.

Научно-исследовательская работа А. А. Байтина в послевоенный период посвящается актуальным вопросам лесоустройства в водоохранным-защитных и колхозных лесах, в лесах зеленых зон, в лесах промышленного значения, и разработки генеральных планов развития лесного хозяйства.

Под непосредственным руководством А. А. Байтина за послевоенный период подготовлено 17 кандидатов наук, которые работают в ряде лесотехнических вузов, научно-исследовательских институтов нашей страны, Китая и других стран народной демократии.



Отличительной чертой деятельности Айзика Абрамовича является постоянная творческая связь с производственными и проектными организациями в лесном хозяйстве. Он принимал активное участие в составлении лесоустроительной инструкции 1951 г., является консультантом Всесоюзного объединения «Леспроект», Ленинградских трестов «Леспроект» и «Гипролестранс», Управления Лесопарковой зоны Ленинграда и других производственных организаций.

В течение восьми последних лет он бессменно состоит руководителем лесоустроительной секции научно-технического общества лесной промышленности в Ленинграде.

Сочетая качества широкой научной

эрудиции в области лесного хозяйства, прекрасного лектора, чуткого воспитателя молодежи, скромного, душевного и отзывчивого человека, А. А. Байтин пользуется заслуженным авторитетом среди широкого круга научных работников и производственников.

Желаем нашему юбиляру многих лет жизни, здоровья и плодотворной работы в интересах отечественного лесного хозяйства.

**В. В. Огиевский, Х. А. Писарьков, М. В. Колпиков, П. Л. Богданов, А. Т. Вакин, Г. Г. Самойлович, П. В. Горский, А. В. Преображенский, И. В. Логвинов, Д. П. Столяров, В. С. Монсеев, П. М. Поддуев, В. А. Черемушкин.**

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

## ИВАН ЯКОВЛЕВИЧ ШЕВЫРЕВ

(К столетию со дня рождения)

В 1959 году исполнилось сто лет со дня рождения выдающегося русского ученого Ивана Яковлевича Шевырева, по праву считающегося одним из крупных специалистов по прикладной энтомологии и особенно по производственной лесной энтомологии.

Среднее образование И. Я. Шевырев получил в 3-й Харьковской гимназии, окончив ее в 1878 г. В том же году он поступил на физико-математический факультет Харьковского университета.

Будучи студентом, Шевырев серьезно изучал перепончатокрылых насекомых в Харьковской и Полтавской губерниях. В 1883 г. в Трудах общества испытателей природы при Харьковском университете опубликована его первая работа, посвященная этому вопросу.

С 1887 по 1897 г. И. Я. Шевырев состоял ассистентом при кафедре зоологии Петербургского лесного института, работая под руководством талантливого русского энтомолога профессора Николая Александровича Холодковского. С 1898 по 1917 гг. Иван Яковлевич занимал должность ревизора и заведующего энтомологической лабораторией при лесном департаменте Министерства земледелия и государственных имуществ.

В 1918 г. И. Я. Шевырев был избран профессором Воронежского сельскохозяйственного института и незадолго до смерти — профессором Кубанского сельскохозяйственного института.

И. Я. Шевырев выполнял большую общественную работу. Достаточно сказать, что с 1896 г. он был ученым секретарем русского энтомологического общества. В 1908 г. его избрали почетным членом этого общества.

И. Я. Шевыревым опубликованы в печати 62 научные работы. В основном они связаны с изучением вредных лесных насекомых. Многие работы посвящены короледам. Им впервые составлены определитель королевод (1887), наставление к собиранию и пересылке королевод и образцов их повреждений

(1887) и наставление об уничтожении королевод при заготовке хвойного леса (1916).

Свои наблюдения за короледами он в прекрасной, доходчивой форме опубликовал в печати в виде ряда статей. Особенно художественным, глубоко научным, с интересом читающимся произведением является «Загадка королевод», издававшаяся три раза (1905, 1907, 1910). Эта работа не устарела до наших дней. Ею пользуются студенты лесных институтов, как дополнительным учебным пособием. В лесхозах книга используется при проведении техминимума по лесозащите.

Как указывает проф. В. Н. Старк (1936), Шевыревым создана теория королеводных гнезд, имеющая значение не только для понимания строения самого гнезда, но и всего поведения королевод в насаждении. Он дал ту азбуку, по которой в настоящее время лесные энтомологи легко читают по стволам деревьев историю заселения насаждений короледами. В «Загадке королевод» впервые описаны отличительные признаки королеводных ходов на лежащих и стоящих деревьях.

Ряд работ И. Я. Шевырева посвящен изучению опасного вредителя наших лесов — шелкопряда-монашенки и мерам борьбы с ней. Им впервые описана граница распространения майских жуков в Европейской части России.

Значительное внимание И. Я. Шевырев уделил изучению паразитов вредных насекомых. Им опубликована очень интересная монография «Паразиты и сверхпаразиты из мира насекомых» (1911). Им предложен точный метод для изучения личинок перепончатокрылых. Исследования по данному вопросу несомненно оказали прогрессивное влияние на дальнейшее развитие биологического метода борьбы с вредными насекомыми.

Ряд своих работ Шевырев посвятил изучению вредных лесных насекомых в южных засушливых областях России. В 1892 г. были опубликованы работы

«Гусеницы и бабочки степных лесов», «Гусеницы, листогрызы и листоеды степных лесов», и «Короеды степных лесов», а в 1893 г. — «Описание вредных насекомых степных лесничеств и способов борьбы с ним».

В 1892 г. появилась его работа «Насекомоядные птицы и облесение степей». Совместно с Д. А. Померанцевым им написана работа «Значение насекомоядных птиц в лесу и степи».

Все эти исследования широко используются в современной литературе и в практической работе по облесению степной и лесостепной зон.

И. Я. Шевыреву принадлежит создание весьма ценной и практически важной карманной книжечки «Изображение вреднейших лесных насекомых России, с кратким изложением их образа жизни» (1893), которой в свое время были снабжены все лесники и объездчики России. Изредка она встречается у наших старейших работников лесной охраны, ею дорожат.

И. Я. Шевыреву принадлежит идея интоксикации растений. Ему удалось ввести в растущие деревья краску и разрешить проблему многовековых попыток ботаников и техников окрашивать простым способом древесину и вместе с тем открыть способ внекорневого питания растений. Оставалось только найти вещества, не действующие на растения, но убивающие питающихся ими насекомых. Эта замечательная его работа позволила в настоящее время разработать новый специальный метод борьбы с вредными насекомыми с помощью системных (внутриканальных) инсектицидов. Его идея дала возможность широко применять в наше время окрашивание древесины.

И. Я. Шевырев опубликовал много других оригинальных работ по вредителям леса, сада и поля, а также по пчеловодству.

Ему принадлежит редакция крупных ценных переводных изданий: 1) Ш т а н д ф у с с. Жизнь бабочек, их ловля, воспитание и сохранение (1900), 2) Ф а б р. Инстинкт и нравы насекомых. В двух томах (1898, 1905), эта

книга переиздана в 1914 г., 3) Лейриц. Противные животные (1900).

Перу Шевырева принадлежит ряд статей по энтомологии в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Полной энциклопедии русского сельского хозяйства.

И. Я. Шевырев обладал большим трудолюбием, он являлся энтузиастом-энтомологом, талантливым ученым. Его научные работы построены на большом фактическом материале. Все это вместе взятое придало большинству его работ классический характер. Он умел сочетать научную работу с производственной деятельностью, исходя из запросов практики. Работы И. Я. Шевырева оказали огромную помощь нашим лесоводам в работе по улучшению санитарного состояния лесных массивов.

Оценивая научную деятельность И. Я. Шевырева, Г. Г. Яковсон, Н. Ф. Мейер и А. И. Добродеева в Известиях отдела прикладной энтомологии Государственного института опытной агрономии (том III, 1927—1928) писали, что в своих работах по биологии насекомых Иван Яковлевич поражает удивительной точностью научного исследования, прямотой принятого им пути, широтой размаха, глубокой вдумчивостью, прекрасно обоснованными выводами и обобщениями. Они указывали, что Иван Яковлевич по справедливости должен считаться самым талантливым из всех русских зоологов, изучавших жизнь насекомых.

И. Я. Шевырев скончался 7 июля 1920 г., в возрасте 61 года, в Абрау на Кавказе.

В заключение следует высказать желание о необходимости переиздания, в связи с исполнившимся 100-летием со дня рождения, его работы «Загадка короедов», имеющей и в наши дни научное и практическое значение, и об издании составленной Шевыревым карманной книжечки для лесной охраны — художественно оформленного справочника по вредителям леса.

П. Г. Трошанин.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. В. Преображенский. О влиянии уходов на рост культур хвойных пород на вырубках в Ленинградской области . . . . .	3
М. Д. Данилов. Листовая масса и эффективность ее деятельности в пятнадцатилетнем насаждении тополя бальзамического . . . . .	8
<b>А. В. Патранин.</b> О некоторых особенностях хода роста культур сосны в высоту в боровых типах леса Вологодской области . . . . .	13
Б. Д. Жилкин. Об узко- и ширококронных соснах в Белорусской ССР . . . . .	17
И. И. Гусев. О строении ельников Архангельской области. Сообщение 2 . . . . .	22
Ван Цзю-лин. Рост и развитие лесных культур в первые годы жизни в зависимости от способов подготовки почвы в Ленинском лесхозе Крымской области . . . . .	30
Э. Н. Фалалеев. Естественное возобновление пихтовых лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом. . . . .	35
Г. Г. Мгебров. К вопросу о лесоводственной и экономической эффективности механизированной подготовки почвы на концентрированных вырубках . . . . .	38
Д. И. Дерябин. Приспособление, особенности использования и эффективность бороны БДТ-2,2 на лесных работах . . . . .	44

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Т. А. Гурьев, В. В. Щелкунов. О расчете рельсов и лежней узкоколейных путей . . . . .	49
Б. М. Копылов. Статистический метод в исследовании закруглений железных дорог . . . . .	54
Н. И. Скрипов, Л. Е. Савин. Устойчивость железобетонных плит на усах лесовозных автомобильных дорог . . . . .	63
Г. М. Васильев, И. Г. Волков. Исследование ходовых качеств вагонов-щепов ЦНИИМЭ-ДВЗ для вывозки леса в хлыстах . . . . .	70
Ю. В. Лобанов. Выбор расчетного створа для определения сплавоспособности лесопропускных устройств гидроузлов (при молевом сплаве) . . . . .	75
И. И. Леонович. Определение динамического воздействия автомобиля при движении его по лежневой дороге . . . . .	81
Б. Г. Чигирь. Сравнительные результаты исследований дисперсности древесноугольной пыли . . . . .	88
Н. В. Ганьшин, Л. С. Хренов. О применении метода четырехугольников при геодезических работах в условиях леса . . . . .	92

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

В. И. Санев. Автоматический двухпозиционный регулятор в автоматической линии ЛТА-2 для обработки криволинейных деталей . . . . .	97
П. Н. Хухрянский. Износостойкость прессованной древесины и древесно-слоистого пластика из бука . . . . .	102
В. М. Жестяников, И. Н. Прусс-Жуковская, Ю. П. Сырников. Электропроводность древесины березы обыкновенной при отрицательных температурах и в процессе оттаивания . . . . .	112

А. С. Фрейдин, И. Г. Крапивина. Стерилизация древесины с помощью ионизирующей радиации . . . . .	117
Ю. И. Юрьев. Влияние вальцовки на механические свойства рамных пил . . . . .	121
И. Г. Назаров. Коэффициент трения втулок из прессованной древесины . . . . .	125
О. М. Яковлева. Оптимальные режимы термической обработки углеродистых дереворежущих резцов для катушечного производства . . . . .	129

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

И. Я. Солечник, А. Н. Новосельская. Использование одубины для производства древесно-волоконистых плит . . . . .	134
Н. И. Москвитин, Н. М. Алферова, В. Н. Никитина. К вопросу о механизме склеивания и прилипания высокополимеров. Сообщение 2 . . . . .	138
В. А. Лямин, Н. Д. Авакян. Выходы продуктов при газификации щепы из ольховых дров . . . . .	145
И. И. Бардышев, А. Г. Соколов. О тепловой изомеризации левопимаровой кислоты, содержащейся в живице . . . . .	148
Н. В. Чалов, Ю. И. Холькин, А. С. Холькина, Г. А. Крюкова. О получении фурфуrolа из солянокислых предгидролизатов. Сообщение 1. . . . .	153

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. И. Штапкин. Определение оптимальной влажности уплотнения грунтов в полевых условиях . . . . .	159
Ю. Н. Азниева. Плодоношение сосны обыкновенной в перестойных насаждениях Беловежской пуши . . . . .	161
Г. Н. Корельский. К расчету освещенности прямыми солнечными лучами крон деревьев и почвы в древостое . . . . .	164
К. Е. Никитин. О распределении семенных насаждений по классам бонитета . . . . .	166

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Н. А. Моисеев. Творчески использовать методы лесоустройства . . . . .	168
---	-----

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Иозеф Янке, Ансельм Бутора. Состояние и перспективы механизации обрезки сучьев . . . . .	170
--	-----

### ЮБИЛЕИ

Юбилей А. А. Байтина . . . . .	171
--------------------------------	-----

### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

Иван Яковлевич Шевырев . . . . .	173
----------------------------------	-----

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2. (Год издания третий)

Сдано в набор 19/1 1960 г. Подписан к печати 14/V 1960 г. Форм. бум. 70×108/16.  
Физич. печ. л. 11. Условн. печ. л. 15,07+3 вклейки. Уч.-изд. 13,05.

Тираж 1500. Сл 00982.

Заказ № 176

Цена 10 руб.

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная им. Сталина, 86.

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».

# ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

## на 1960 год

### НА ЖУРНАЛЫ „ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ СССР“ (22 серии)

В „Известиях вузов СССР“ будут помещаться статьи о результатах научно-исследовательских работ, выполненных работниками высших учебных заведений, сообщения о передовом отечественном и зарубежном опыте, определяющем направление и развитие научных исследований в соответствующей области знаний, материалы межвузовских научных конференций и совещаний, отдельные разделы диссертационных работ, а также материалы о введении в производство законченных научных работ.

„Известия вузов СССР“ предназначены для работников высшей школы, научно-исследовательских институтов, проектных и производственных организаций.

#### УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Наименование серии	Периодичность в год		Подпис- ная плата		Наименование серии	Периодичность в год		Подпис- ная плата	
	на 6 м.	на год	на руб.	на руб.		на 6 м.	на год	на руб.	на руб.
1. Физика . . . . .	6	30	60		12. Горный журнал .	12	60	120	
2. Математика . . .	6	30	60		13. Геология и раз- ведка . . . . .	12	60	120	
3. Радиофизика . .	6	30	60		14. Нефть и газ . . .	12	42	84	
4. Радиотехника . .	6	21	42		15. Химия и хим. технология . . . .	6	30	60	
5. Энергетика . . .	12	42	84		16. Технология легкой промышленности	6	30	60	
6. Электромеханика	12	42	84		17. Пищевая техно- логия . . . . .	6	30	60	
7. Машиностроение	12	60	120		18. Технология тек- стильной промыш- ленности . . . . .	6	30	60	
8. Приборостроение	6	21	42		19. Лесной журнал .	6	30	60	
9. Авиастроение . .	4	14	28		20. Строительство и архитектура . . . .	12	60	120	
10. Черная металлур- гия . . . . .	12	60	120		21. Геодезия и аэро- фотосъемка . . . .	6	21	42	
11. Цветная метал- лургия . . . . .	6	30	60		22. Правоведение . .	4	17	34	

Подписка на „Известия вузов СССР“ производится во всех городских отделах „Союзпечать“, конторах и отделениях связи, в пунктах подписки и общественными уполномоченными.

## 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 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 слогов 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. Корректурa статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроник).