

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ СЕДЬМОЙ*

6

1964

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчалъ (зам. отв. редактора), проф. С. Х. Будыка, доц. Г. А. Вильке, проф. И. В. Воронин, проф. А. Э. Грубе, проф. М. Л. Дворецкий, доц. Д. С. Добровольский, доц. Г. Л. Дранишников, проф. М. И. Зайчик, проф. С. Я. Коротов, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Н. Песоцкий, проф. 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 В. И. Ленина, 17.

Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

О БИОХИМИЧЕСКОМ СООТВЕТСТВИИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД  
ПРИ ИХ СОЧЕТАНИИ В ЛЕСНОМ НАСАЖДЕНИИ*М. В. КОЛЕСНИЧЕНКО*

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Воронежский сельскохозяйственный институт)

В ряде работ [13], [14], [15] высказано предположение о большом значении аллелопатии — биохимическом взаимовлиянии растений в формировании и развитии фитоценозов. При этом отмечена крайняя недостаточность и желательность исследований этого направления.

Изучение аллелопатии древесных пород сдерживается отсутствием методов исследования, достаточно полно отражающих это природное явление. В наших работах ([5], [9] и др.) описан лабораторный метод изучения биохимических взаимовлияний древесных пород по реакции их фотосинтеза, позволяющий исследовать эту важную форму проявления взаимоотношений растений в чистом виде.

Объектами воздействия служили 2—3-летние сеянцы древесных пород, которые выращивали в сосудах. Специальные сравнительные опыты с прививками дуба показали, что фотосинтетический аппарат 3-летних сеянцев реагирует на одинаковую дозу воздействующего вещества (1 мг/л ацетальдегида) так же, как и у взрослого 60-летнего дерева. В опыте с каждой воздействующей породой испытывали по три сеянца (повторности). Сеянцы одной породы подвергали воздействию летучих выделений листьев и воднорастворимых ризосферных выделений другой породы. Органические вещества, выделяемые растениями в процессе метаболизма в окружающую среду, названы мною фитоллинами [8]. По оказываемому действию их следует отнести к физиологически активным веществам. Отклонение (реакция) фотосинтеза сеянцев от нормального уровня (то есть от интенсивности фотосинтеза до воздействия фитоллинами) использовали как показатель характера биохимического влияния воздействующей породы на сеянец. Фотосинтез измеряли газометрическим способом при помощи меченого углерода в лабораторных условиях на специальной установке, описанной ранее [5], [9].

Вначале, в течение 3—4 дней у сеянцев устанавливали нормальный уровень фотосинтеза. Измерение проводили для каждого растения всегда в одни и те же часы суток, при соблюдении по возможности постоянства всех внешних условий. После выявления нормального уровня фотосинтеза испытываемые сеянцы в течение 3—4 дней подвергали воздействию фитоллинов другой породы. В эти дни в те же, что и раньше, часы суток, производили измерения фотосинтеза. Источником летучих фитоллинов кроны ежедневно служил свежий букет облиственных

веток (10—15 шт. весом 0,5 кг), который в банке с водой помещали вместе с сеянцами в экологической камере (межрамное пространство окна емкостью около 2 м<sup>3</sup>). Измерения концентрации летучих органических веществ в экологической камере и в кроне растущего в парковом насаждении дерева дали примерно одинаковые результаты, порядка 10—20 мкг углерода на 1 м<sup>3</sup> воздуха. В качестве ризосферных фитонинов воздействующей породы использовали дренажную воду от полива 4—5-летних растений, растущих в сосудах, или полива почвы, свежеснятой с глубины 10—20 см из-под растущего в парке дерева. В дренажной воде, можно полагать, содержатся воднорастворимые вещества корневых выделений данной породы и специфичной для него ризосферной микрофлоры.

Получаемую ежедневно дренажную воду использовали для полива (до постоянного веса) сеянцев во время опыта. Взаимодействие растений в природе осуществляется, наиболее вероятно, в виде водных растворов ризосферных фитонинов.

Можно полагать, что биохимическое влияние, которое испытывали опытные сеянцы в экологической камере, и реакция их фотосинтеза на это влияние, в значительной мере будут соответствовать тому, что наблюдается в природе при совместном произрастании деревьев в лесном насаждении. Отклонение фотосинтеза от нормы в данном случае следует рассматривать как показатель изменения жизнедеятельности растения.

Результаты измерений фотосинтеза каждого сеянца обработаны статистическим методом и представлены в табл. 1.

Таблица 1

Породы	Отклонение фотосинтеза (% от нормы) при воздействии биохимическими выделениями (фитонинами)	
	различных пород на дуб	дуба на другие породы
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	— 19*	— 4*
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	— 13*	0
<i>Tilia cordata</i> Mill.	+ 12*	0
<i>Acer platanoides</i> L.	+ 7*	0
<i>Acer campestre</i> L.	— 3	0
<i>Acer tataricum</i> L.	+ 8*	0
<i>Thelycrania sanguinea</i> Fourr.	+ 16*	+ 2
<i>Corylus avellana</i> L.	+ 23*	— 2
<i>Populus tremula</i> L.	— 12*	—
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	— 21*	+ 17*
<i>Pinus silvestris</i> L.	— 12*	— 5*
<i>Picea excelsa</i> Link.	+ 1	—

\* Статистически достоверные отклонения.

Материалы, приведенные в табл. 1, показывают, что дуб как эдификатор не оказывает существенного биохимического влияния на ряд своих естественных спутников — ассектаторов. Ассектаторы же могут оказывать различное влияние на дуб: одни положительное (клен остролистный, липа, свидина и др.), другие отрицательное (ясень, вяз). Такой характер взаимных влияний объясняет возможность существования этих спутников в ценозе дуба. Очевидно, виды, испытывающие вредное влияние фитолитов дуба, не смогли бы произрастать в его насаждениях, поскольку дуб обычно составляет подавляющую массу ценоза и создает, следовательно, большую концентрацию своих фитолитов в почве и атмосфере. Различное биохимическое влияние спутников на дуб дает нам основание для деления их на породы активаторы и ингибиторы. Можно полагать, что активаторы являются истинными спутниками, а ингибиторы — видами, свидетельствующими о течении филогенетической сукцессии. Действительно, в условиях культуры, при равном или преобладающем количестве ясеня или вяза, обычно происходит вытеснение дуба ([16], [12], [10] и др.). Чистые насаждения ясеня на наиболее плодородных дубравных почвах встречаются в естественных условиях и тем чаще, чем дальше от северных и восточных границ ареала дуба [4], [11], то есть в местах более древнего развития дубравных ценозов. При небольшой примеси ясеня и, следовательно, меньшей концентрации его фитолитов в атмосфере леса, встречаются высокопродуктивные дубовые насаждения.

Биохимическое влияние осины и березы на дуб отрицательно. Такой характер влияния, очевидно, препятствует распространению дуба у северных и восточных границ его ареала и способствует часто наблюдаемым антропогенным сукцессиям внутри ареала дуба.

Весьма интересны обоюдно вредные влияния сосны и дуба, несколько аналогичные взаимовлиянию дуба и ясеня. Это на первый взгляд противоречит тому факту, что в природе на относительно плодородных почвах растут высокопродуктивные сложные сосновые боры с участием дуба. Однако на более плодородных почвах дуб вытесняет сосну, и формируются типичные дубравы. Следует также иметь в виду, что эффект биохимических влияний в значительной мере зависит от степени концентрации физиологически активных веществ, выделяемых древесными растениями. Последняя же, в основном, пропорциональна массе вида в фитоценозе. Известно также, что наибольшие концентрации физиологически активных веществ обычно повышают фотосинтез растений, а большие — подавляют его [7]. В сложных борах, где рост требовательного к почве дуба сравнительно подавлен относительно малоплодородными почвами, масса дуба значительно меньше массы сосны. Соответственно и концентрация его фитолитов небольшая, а сосны — большая, что вызывает понижение жизнедеятельности у дуба и повышение у сосны. С увеличением массы дуба на более плодородных почвах концентрация его фитолитов возрастет и будет подавлять жизнедеятельность сосны, способствовать ее вытеснению из насаждения. При антропогенных сукцессиях значительным препятствием для восстановления сосновых насаждений являются, очевидно, вредные для сосны фитолиты дуба.

Внутривидовые биохимические взаимодействия у дуба [6], а также у ясеня и березы индифферентны. Такой характер объясняет возможность образования чистых сжмкнутых насаждений этих пород и срастание у них корневых систем.

Мы провели также аналогичные опыты по биохимическому влиянию ряда древесных пород экзотов на дуб [9].

Сопоставление характера биохимического влияния разных пород на дуб, сосну и др. с опытом выращивания их в смешанных культурах обнаружило, в основном, их согласованность. Вот несколько примеров.

1. Дуб в культуре с белой акацией погибает, а с гледичией растет хорошо [16], [10]. Наши опыты обнаружили отрицательное биохимическое влияние на дуб у белой акации и положительное у гледичии.

2. При выращивании дуба и ясеня в одинаковой пропорции наблюдается плохой рост дуба, а при небольшой доле участия ясеня в лесном насаждении — хороший рост дуба [16], [12]. Это явление теперь легко объяснимо биохимическим влиянием разных концентраций фитонинов ясеня.

3. В степном лесоразведении в прошлом практиковалось выращивание дуба с вязом обыкновенным. Дуб в этих культурах быстро отмирал ([10] и др.). Считали, что причиной этого было затенение дуба более быстрорастущим вязом и иссушение почвы его корнями. Однако вырубка вяза обычно не спасала дуб от гибели. Теперь это можно объяснить биохимически вредным влиянием ризосферных фитонинов вяза на дуб (табл. 1).

4. В культуре отмечается обычно хороший рост дуба в смешении с кленом и липой, что согласуется с их положительным биохимическим влиянием на дуб (табл. 1). Подобных примеров согласованности характера биохимических влияний с состоянием лесных насаждений можно привести много.

Приведенные материалы позволяют высказать гипотезу о биохимическом соответствии древесных пород при их сочетании в лесном насаждении в определенной пропорции, сообразно условиям среды. Такая закономерность, возможно, является более общей. Г. Ф. Гаузе [2] отмечал, что в основе дружеских или враждебных отношений организмов лежат, видимо, химические закономерности. А. М. Гродзинский [3] методом биотроб обнаружил, что группировки травянистых растений образуют виды, которые взаимно переносят токсические выделения или взаимно стимулируются ими.

Предлагаемая гипотеза дает возможность по-новому и более правильно объяснить многие явления, наблюдаемые при выращивании лесных насаждений, и применить новый принцип подбора сочетаний древесных пород в смешанных культурах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. А. Быков. Геоботаника. Алма-Ата, 1957. [2]. Г. Ф. Гаузе. Успехи современной биологии, 17, 2, 1944. [3]. А. М. Гродзинский. Украинский ботанический журнал (на украинском языке), 19, 5, 1962. [4]. А. Б. Жуков. Дубравы СССР, 1, М.—Л., 1949. [5]. М. В. Колесниченко. ДАН СССР, 132, 1, 1960. [6]. М. В. Колесниченко. ДАН СССР, 139, 3, 1961. [7]. М. В. Колесниченко. ДАН СССР, 145, 2, 1962. [8]. М. В. Колесниченко. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1963. [9]. М. В. Колесниченко. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1961; № 2, 1962. [10]. Б. И. Логгинов. Основы полезащитного лесоразведения. Киев, 1961. [11]. Г. Ф. Морозов. Учение о типах насаждения. М.—Л., 1930. [12]. А. Г. Солдатов. Выращивание высокопродуктивных дубрав. М., 1961. [13]. В. Н. Сукачев. «Ботанический журнал», 41, 4, 1956. [14]. В. Н. Сукачев. Бюллетень Московского общества испытателей природы, 64, 4, 1959. [15]. Б. П. Токин. Сб. «Фитонциды», 1957. [16]. Ф. Н. Харитонович. Межвидовая борьба и взаимопомощь в степных насаждениях, М.—Л., 1950.



Далее применяем критерий согласия Пирсона  $\chi^2$  для проверки, в какой мере частоты по нормальному закону согласуются с эмпирическими

$$\chi^2 = \sum \frac{(m - m')^2}{m'} = 27,74.$$

Число степеней свободы  $r = 12 - 3 = 9$ . Из таблицы значений  $\chi^2$  получаем  $P \approx 0,001$ . Эта вероятность слишком мала, поэтому гипотезу о том, что распределение деревьев по естественным ступеням толщины следует нормальному закону, нужно отбросить.

Таблица 2

Распределение стволов дуба по  $q_2$ 

Классы формы	$x$	$m$	$m'$	$m''$
0,45	1	5	2	3
0,50	2	15	11	14
0,55	3	35	45	38
0,60	4	80	87	82
0,65	5	123	131	127
0,70	6	154	132	136
0,75	7	81	89	96
0,80	8	42	41	43
0,85	9	15	12	11
		550	550	550

То, что таксационные показатели не следуют нормальному закону, можно видеть из самого эмпирического ряда. Чтобы эмпирический вариационный ряд следовал нормальному закону, он должен быть симметричным. Необходимым условием симметричности является совпадение трех статистических характеристик: среднего арифметического, моды и медианы. Ни одно из эмпирических распределений, о которых сказано выше, не имеет этого свойства. Они не только не следуют точному нормальному закону, но и не являются «близкими» к нему.

Функция закона Гаусса симметрична, а всем упомянутым распределениям (по высоте, диаметру, коэффициенту формы  $q_2$ ) свойственна правая или левая асимметрия (косость). Некоторым эмпирическим рядам свойственен также эксцесс (крутость).

Поэтому для распределений деревьев в однородном насаждении по их размерам должен иметь место закон Шарлье, выражающийся уравнением

$$y = f(t) - \frac{k}{6} f^{(3)}(t) + \frac{\varepsilon}{24} f^{(4)}(t). \quad (1)$$

В этом уравнении  $f(t)$  — гауссова функция  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$ ,  $t = \frac{x - \bar{x}}{s}$ , а  $f^{(3)}(t)$  и  $f^{(4)}(t)$  — ее производные третьего и четвертого порядка;  $k$  — коэффициент асимметрии,  $\varepsilon$  — коэффициент эксцесса. Функции  $f(t)$ ,  $f^{(3)}(t)$  и  $f^{(4)}(t)$  табулированы, для вычислений использованы соответствующие таблицы [3].

Исследования автора с применением функции Шарлье дали положительные результаты. Изучены следующие распределения деревьев: по высотам (сосняк и березняк), видовым числам (сосняк), коэффициентам формы (дубняк, березняк), естественным ступеням толщины (по Тюрину), а также распределение объема древесины и сумм площадей сечений в этих ступенях. Автор пришел к выводу, что все распре-

деления в однородном насаждении следуют закону Шарлье. Всем им свойственна правая или левая асимметрия и положительный или отрицательный эксцесс.

Для распределения, показанного в табл. 1, коэффициенты асимметрии  $k$  и эксцесса  $\varepsilon$  находили по способу моментов:  $k = 0,3986$ ;  $\varepsilon = -0,1429$ .

Вставляя полученные значения в формулу (1), получаем конкретное уравнение, выражающее распределение деревьев в однородном насаждении по естественным ступеням толщины

$$y = f(t) - 0,066f^{(3)}(t) - 0,016f^{(4)}(t). \quad (2)$$

Частоты по закону Шарлье  $m''$  даны в графе 4 табл. 1. Их вычисляют на основании соответствующих таблиц [3].  $\chi^2 = 5,67$ . Число степеней свободы в этом случае  $r = 12 - 5 = 7$ . Соответствующая вероятность  $P \approx 0,6$ . Такая вероятность достаточна, следовательно, наше распределение следует закону Шарлье.

Пример 2. Распределение запаса древесины по естественным ступеням толщины (по данным А. В. Тюрина) показано в табл. 1. В графах 5, 6 и 7 табл. 1 даны соответственно частоты эмпирические  $m_1$ , по нормальному закону  $m'_1$  и по закону Шарлье  $m''_1$ . Статистические характеристики:  $x = 10,742$ ;  $s^2 = 4,7714$ ;  $k = 0,2220$ ;  $\varepsilon = -0,4073$ .

Критерии согласия Пирсона показывают, что это распределение следует не нормальному, а закону Шарлье. Для нормального закона  $\chi^2 = 20,47$ , число степеней свободы  $r = 9$  и  $P \approx 0,015$ . Для закона Шарлье  $\chi^2 = 5,16$ ,  $r = 6$  и  $P \approx 0,5$ .

Вставляя значения характеристик в выражение (1), получаем конкретное уравнение для распределения запаса древесины насаждения по естественным ступеням толщины.

$$y = f(t) - 0,037f^{(3)}(t) - 0,017f^{(4)}(f). \quad (3)$$

Пример 3. Распределение стволов дуба по  $q_2$  (по данным В. К. Захарова) показано в табл. 2. В графах 3, 4 и 5 этой таблицы даны соответственно частоты эмпирические  $m$ , по нормальному  $m'$  и по закону Шарлье  $m''$ . Статистические характеристики:  $k = -0,199$ ;  $\varepsilon = -0,031$ .

Критерии согласия показывают, что это распределение не следует нормальному закону ( $\chi^2 = 13,4$ ,  $r = 6$ ,  $P \approx 0,038$ ). Гипотеза о том, что распределение следует закону Шарлье, допустима:  $\chi^2 = 7,98$ ,  $r = 4$  и  $P \approx 0,09$ . Такая вероятность больше уровня значимости ( $P = 0,05$ ), следовательно, достаточна.

Исследования автора снова подтвердили закон единства в строении насаждений: все таксационные показатели независимо от породы, возраста, класса бонитета, полноты следуют одному и тому же закону распределения — закону Шарлье.

Функцию Шарлье используют в зарубежной лесотаксационной литературе [7, стр. 63]. Она имеет не только большое теоретическое, но и практическое значение для лесной таксации. До сих пор в нашей лесотаксационной литературе при исследовании одномерных распределений, вычисляли только среднее арифметическое, стандарт и коэффициент вариации, а при исследовании двумерных распределений — только коэффициент корреляции (или корреляционное отношение). Но эти четыре статистические характеристики не дают полного описания изучаемого явления как целого, не устанавливают закона изучаемого явления. Такое полное описание дает только функция распределения.

Функция распределения выражается уравнением или кривой распределения. Такое уравнение дает аналитический эквивалент данного эмпирического ряда; оно выравнивает эмпирический ряд, сглаживая в нем различные неправильности, которые можно считать случайными и не характерными для него.

Применим функцию Шарлье для нахождения процентного распределения числа деревьев в насаждении по конкретным ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра насаждения, то есть составим аналитическим путем таблицу, которую А. В. Тюрин получил графическим методом [5, стр. 509].

Берем функцию Шарлье

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \left( 1 + \frac{\varepsilon}{\sigma} - \frac{k}{2} t - \frac{\varepsilon}{4} t^2 + \frac{k}{6} t^3 + \frac{\varepsilon}{24} t^4 \right). \quad (4)$$

Интегрированием получаем для функции (4) первообразную функцию

$$\int y dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \left( \frac{k}{\sigma} + \frac{\varepsilon}{8} - \frac{k}{\sigma} t^2 - \frac{\varepsilon}{24} t^3 \right). \quad (5)$$

Конкретное уравнение для функции (4) будет ( $k$  и  $\varepsilon$  значения берем из примера 2),

$$\int y dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} (0,056 - 0,018t - 0,06 t^2 + 0,006t^3) \quad (6)$$

Используя уравнение (5), можно найти распределение деревьев по конкретным ступеням толщины при определенном среднем диаметре насаждения.

Пусть имеется насаждение со средним диаметром 20 см. Естественным ступеням толщины 0,5; 0,6; 0,7 и т. д. соответствуют конкретные ступени в диапазоне 9—35 см, то есть 8 (0,5), 12 (0,6), 16 (0,8), 20 (1), 24 (1,2), 28 (1,4), 32 (1,6) и 36 (1,7) см (в скобках естественные ступени). Чтобы найти, какая часть деревьев находится в ступени

толщины 8 см, нужно вычислить интеграл  $\int_{-2,707}^{-2,238} y dt$ , потому что при  $x = 4$ ,

$t = \frac{x - \bar{x}}{s} = -2,707$ ; при  $x = 5$ ,  $t = -2,238$ . Таким же образом для ступени толщины

12 см берем  $\int_{-2,238}^{-1,301} y dt$  и т. д. Дальнейшие вычисления производят по правилам интегрирования, используя уравнение (6) и соответствующие таблицы [6].

$$\int_{-2,707}^{-2,238} y dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-2,707}^{-2,238} e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} (0,066 - 0,018t - 0,066t^2 + 0,006t^3) \right] = 0,0047.$$

Следовательно, в ступени толщины 8 см имеется 0,0047 всех деревьев насаждения, или 0,47%; в ступени толщины 12 см—0,0874 всех деревьев, или 8,74% и т. д.

Подобные вычисления производят для насаждений различных средних диаметров. Результаты вычислений сводим в таблицу распределения деревьев по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра насаждения (табл. 3).

Аналогично аналитическим методом, интегрируя функцию (3), вычисляют процентное распределение запаса насаждения по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра насаждения. Например, для насаждения со средним диаметром 20 см получаем следующее распределение запаса (табл. 4).

Автор не имел данных, чтобы проверить действие закона Шарлье для распределения текущего прироста деревьев, для распределения

Таблица 3

Распределение деревьев насаждения по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра насаждения по данным, полученным при помощи функции Шарлье

Средний диаметр насаждения, см	Число деревьев (%) по ступеням толщины (см)													
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
20	0,5	8,7	29,1	34,6	19,4	6,4	1,2	0,1	—	—	—	—	—	—
22	—	4,5	19,6	32,7	26,2	12,0	4,3	0,7	—	—	—	—	—	—
23,4	—	2,7	14,1	28,9	28,7	16,8	6,7	1,8	0,3	—	—	—	—	—
24	—	2,1	12,3	27,	29,1	18,5	8,1	2,4	0,5	—	—	—	—	—
26	—	1,0	7,5	20,2	28,1	23,1	12,9	5,4	1,5	0,3	—	—	—	—
28	—	0,5	4,4	14,3	24,4	25,2	17,4	9,0	3,6	1,0	0,2	—	—	—
30	—	—	2,8	9,8	19,7	24,6	20,6	12,8	6,4	2,5	0,8	—	—	—
30,6	—	—	2,4	8,7	18,2	23,8	21,4	13,9	7,3	3,1	1,2	—	—	—
32	—	—	1,5	6,5	15,1	22,1	22,0	16,2	9,5	4,6	1,8	0,6	—	—
31	—	—	0,9	4,3	11,2	18,7	21,7	18,6	14,4	5,2	3,3	1,3	0,4	—
36	—	—	0,5	2,8	8,1	15,2	20,0	19,7	15,1	11,1	3,8	2,5	0,9	0,3

Таблица 4

Ступени толщины, см	8	12	16	20	24	28	32
Запас, %	0,1	3,7	18,8	33,3	26,2	12,9	3,0

деревьев по размерам их крон, и, возможно, для других распределений. Необходимо было бы также проверить действие закона Шарлье для смешанных насаждений. Функция Шарлье должна найти применение при составлении объединенных товарных и сортиментных таблиц.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Гослесбумиздат, М.—Л., 1960. [2]. В. К. Захаров. Лесная таксация. Изд-во «Высшая школа», М., 1961. [3]. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление, т. I—IV, Л., 1952—1954. [4]. Н. В. Третьяков и др. Справочник таксатора. Гослесбумиздат, М.—Л., 1952. [5]. А. В. Тюрин и др. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956. [6]. А. В. Тюрин. Таксация леса. Гослестехиздат, М., 1945. [7]. M. P god a n. Messung der Waldbestände, 1951.

Поступила в редакцию  
29 октября 1963 г.

## О РОСТЕ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР ИЗ ИРКУТСКИХ СЕМЯН НА ЮГЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. Я. ПОЛОВ**

Аспирант

**П. И. ВОЙЧАЛЬ**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Вопрос о влиянии географического происхождения семян на рост и качество искусственно создаваемых насаждений, классификация климатических сосны обыкновенной, а также районирование заготовок и перебросок семян занимают умы ученых многих стран [2], [3]. Необходимость изучения географических форм главнейших лесообразующих пород и упорядочения переброски семян для обеспечения лесокультурных мероприятий передовые русские лесоводы подчеркивали еще более 80 лет назад [6]. Они поставили специальные опыты в этом направлении.

Немаловажное значение имеет также изучение опыта производственных интродукционных культур. В нашей статье описаны результаты исследований 25-летних сосняков иркутского и местного происхождения в Ерцевском лесничестве, Ерцевского лесхоза, Архангельской области.

Культуры из семян иркутского происхождения были заложены в 1940 г. в квартале 32 на площади 26,1 га. Местоположение лесокультурной площади возвышенное. Рельеф слегка всхолмленный. Почва — среднеподзолистая супесчаная на двучленном наносе. Напочвенный покров состоит из брусники, черники, костяники, зеленых мхов, кукушкина льна. На освещенных местах встречается вейник. Тип леса — сосняк-брусничник. В подлеске встречается рябина — 500 шт. на 1 га. Посев производили вразброс в площадки размером 0,5 × 0,5 м в количестве 5000 шт. на 1 га. Расстояние между площадками в ряду 1 м и между рядами 2 м. Техническая всхожесть семян составляла 68%. Расход семян на 1 га — 1,38 кг. А. С. Синников отмечал, что в силу низкой грунтовой всхожести в июне 1941 г. был произведен подсев, на что вновь было израсходовано 30 кг семян, то есть в среднем по 50 шт. на каждую площадку. Прополку культур делали в августе 1940 г., один раз в 1941 г. и дважды в 1942 г. Приживаемость в 1940 г. составила 75, в 1941 г. — 69, в 1942 г. — 64, в 1943 г. — 40 и в 1944 г. — 37,5% [5].

В 1956 г. был проведен уход за составом насаждения, при этом вырубали исключительно лиственные породы. В настоящее время состав древостоя по всей площади неоднороден. На всхолмлениях растет сосна с примесью березы и осины, в пониженных местах — только береза и осина. Проба заложена на участке, характерном для всхолмлений.

Культуры из семян местного происхождения были заложены в 1939 г. в квартале 33 на площади 1 га. Находятся они в 100 м от культур, созданных из иркутских семян. Местоположение лесокультурной площади пониженное, рельеф ровный. Почва — дерново-подзолистая свежая супесь на тяжелом карбонатно-валунном суглинке. Напочвенный покров состоит из брусники, черники, майника двулистного, седмичника европейского, иван-чая. На освещенных местах встречается вейник. Зеленые мхи расположены куртинами. Тип леса — сосняк-брусничник. В подлеске встречаются рябина — 500 шт. и шиповник — 100 шт. на 1 га.

Посев производили вразброс с заделкой граблями в площадки размером  $0,4 \times 0,4$  м в количестве 5000 шт. на 1 га. Почву на площадках рыхлили мотыгами и лопатами на глубину 15—20 см. Количество семян и норма высева их на 1 га неизвестны. Данные о первоначальном количестве всходов отсутствуют. Уходы, заключающиеся в прополке трав, проводили один раз в 1940 г. и один раз в 1941 г. В 1959 г. на участке проводили уход за составом насаждения, причем вырубали только лиственные породы. В настоящее время состав древостоя однороден по всей площади участка.

Учетные работы в каждом географическом варианте проводили на пробных площадях размером  $30 \times 40$  м. Измеряли диаметры всех деревьев на высоте груди при помощи мерной вилки по двум взаимно перпендикулярным направлениям — с севера на юг и с запада на восток. Кроме того, для каждого дерева отмечали классы прямостоятельности и суковатости по условно принятым классификациям этих признаков (по Г. П. Санникову [4]). Степень суковатости определена непосредственно при исследовании, разделение узко- и ширококронных сосен — по Б. Д. Жидкину [1].

Общие высоты деревьев и высоты прикрепления первого живого сука измеряли при помощи шеста длиной 10 м, разделенного на дециметры. Высоту, длину кроны и ее проекцию с севера на юг и с запада на восток находили для четвертой части деревьев каждой ступени толщины.

Для того чтобы проследить изменения таксационных признаков с возрастом, был сделан анализ хода роста. На каждой пробной площадке было взято по 10 средних моделей. Диаметры поперечных вырезов у шейки корня, на высоте 0,65 м от шейки корня, 1,3 м и далее через 2 м, в коре и без коры и по пятилетним периодам измеряли в двух взаимно перпендикулярных направлениях: с севера на юг и с запада на восток. Полноту определяли по сумме площадей сечения, класс бонитета — по бонитировочной шкале М. М. Орлова. Данные обрабатывали методом математической статистики.

Таксационная характеристика географических культур представлена в табл. 1.

Как видно из таблицы, разница по высоте, диаметру, запасу в сосняках архангельского и иркутского происхождения составляет около 10%, то есть она существенна. Однако если учесть, что сосняки иркутского происхождения создавали на 1—2 года позднее, то разница по высоте, диаметру, запасу стволовой древесины значительно уменьшится, если эти показатели привести к одному возрасту. Это видно из табл. 2. В этом случае сосняки архангельского происхождения в возрасте 24 лет имели высоту 8,06 м, диаметр на высоте груди 8,8 см.

Число деревьев (сосны) на 1 га фактически одинаково для сосняков архангельского и иркутского происхождения. Между диаметрами с севера на юг и с запада на восток разницы нет.

Год производства культур	Происхождение семян (область)	Состав насаждения	Порода	Класс бонитета	Полнота
1939	Архангельская	7С3Бед.Е,Ос	С Б	II,1	0,51 0,26
1940	Иркутская	Итого			0,77
		6С2Б20с	С Б Ос	II,4	0,43 0,15 0,17
		Итого			0,75

Отметим некоторые особенности хода роста изучаемых сосняков (табл. 2).

Таблица 2

Возраст, лет	Происхождение семян (область)	Среднее для дерева			Общий средний прирост			Средний периодический прирост		
		высота, м	диаметр, см	объем, м³	по высоте, м	по диаметру, см	по объему, м³	по высоте, м	по диаметру, см	по объему, м³
5	Архангельская	0,37	—	—	0,07	—	—	0,37	—	—
10		2,20	1,3	0,0006	0,22	0,13	0,0001	0,42	—	—
15		4,30	5,3	0,0064	0,29	0,35	0,0004	0,48	0,80	0,0012
20		6,70	7,5	0,0182	0,33	0,38	0,0009	0,34	0,44	0,0024
25		8,40	9,1	0,0313	0,34	0,36	0,0013	—	0,32	0,0026
		В коре			—	—	—	—	—	—
		9,7	10,350	—	—	—	—	—	—	—
5	Иркутская	0,35	—	—	0,07	—	—	0,28	—	—
10		1,75	1,0	—	0,18	0,10	—	0,42	0,54	—
15		3,85	3,7	0,0031	0,26	0,25	0,0002	0,49	0,56	0,0020
20		6,30	6,50	0,0131	0,31	0,33	0,0007	0,35	0,45	0,0029
24		7,70	8,30	0,0245	0,32	0,35	0,0010	—	—	—
		В коре			—	—	—	—	—	—
		8,9	10,282	—	—	—	—	—	—	—

В период до 15 лет сосна иркутского происхождения имела несколько меньшие темпы роста по высоте, диаметру и запасу, однако за последние годы рост ее усилился. Наши данные согласуются с материалами Г. П. Санникова [4].

В табл. 3 дана характеристика стволов исследованных насаждений.

Таблица 3

Происхождение семян (область)	Процент живой кроны	Классы							Встречаемость узкокороновых сосен, %
		прямоствольности				сукковатости			
		совершенно прямые	незначительно искривленные	дугобразные	сильно искривленные	малосукковатые	среднесукковатые	сильносукковатые	
Архангельская	69	59	34	7	—	70	26	4	65
Иркутская	71	62	31	6	1	56	44	—	55

Таблица 1

Средняя высота, м	Средний арифметический диаметр, см	Таксационный диаметр, см	Число деревьев на пробе, шт.	Число деревьев на 1 га	Сумма площадей сечений на 1 га, м <sup>2</sup>	Запас стволовой древесины на 1 га, м <sup>3</sup>
8,4 ± 0,16	8,8 ± 0,2	9,4	179	1491	10,50	52
8,0	6,0		139	1158	3,80	21
			318	2649	14,30	73
7,7 ± 0,16	7,9 ± 0,2	8,5	177	1475	8,43	41
8,0	9,0		36	300	2,23	9
9,0	9,0		52	433	3,11	22
			265	2208	13,77	72

Процентные отношения протяженности живой кроны к общей высоте (процент живой кроны) в сосняках архангельского и иркутского происхождения почти одинаковы, близки также количества прямоствольных деревьев. Более суковатыми оказались сосны из иркутских семян.

Исследование проекций крон показало, что в сосняках архангельского происхождения узкокронная форма сосны (сюда относятся деревья, имеющие диаметр кроны меньше среднего для данного древостоя) встречается чаще, чем в сосняках иркутского происхождения.

Данные нашей работы показывают, что сосняки искусственного происхождения, созданные из иркутских семян, по росту и качеству вполне удовлетворительны. Таким образом, при лесокультурных работах в условиях Архангельской области допустимо использование сосновых семян из Иркутской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Жилкин. Об узко- и ширококронных соснах в Белорусской ССР. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1960. [2]. В. Г. Каппер. Семенное дело в лесном хозяйстве СССР. Сборник статей по лесному хозяйству, изд. Ленинградского сельскохозяйственного института, Л., 1926. [3]. О. Г. Каппер. Изучение экотипов древесных пород. Научные записки Воронежского лесохозяйственного института, т. 9, Воронеж, 1946. [4]. Г. П. Санников. Особенности хода роста сосновых культур в зависимости от географического происхождения семян в Собичском лесничестве Сумской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1959. [5]. А. С. Синников. Культуры сосны в Архангельской области. Рукопись диссертации, Архангельск, 1955. [6]. М. К. Турский. Влияние местопроисхождения семян на рост сосны (однолетних сеянцев). Известия Петровской Земледельческой и Лесной академии, вып. 1, М., 1878.

Поступила в редакцию  
12 июня 1964 г.

## ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЗАПАС ДРЕВОСТОЯ

М. Л. ДВОРЕЦКИЙ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Поволжский лесотехнический институт)

Закономерная зависимость между средней высотой и запасом древостоя насаждения была установлена давно и уже с конца прошлого века ее начали применять для целей быстрого определения величины запаса. На основе анализа таблиц хода роста Н. В. Третьяков [8], [9] пришел к формуле связи вида  $v = b(h - c)$  и, пользуясь своими формулами, составил общеизвестные стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов древостоев при полноте 1,0.

Однако Ф. Эйхгорн уже в 1905 г. [10] отмечал, что запасы древостоев при одной и той же средней высоте не одинаковы в разных условиях местопроизрастания. В результате анализа соотношения средних высот и запасов древостоев, показанных в отечественных и заграничных таблицах хода роста, автор данной статьи [2], [3] пришел к выводу, что при одинаковых средних высотах древостоев высших классов бонитета в общем имеют более высокие запасы, а низших — более низкие. В последнее время это подтвердили и исследования П. В. Воропанова [1].

Неудовлетворенность стандартными таблицами привела к появлению местных таблиц запасов. Так, В. И. Левин [6] составил оригинальные таблицы запасов и сумм площадей сечений сосновых древостоев Архангельской области. По несколько иному пути пошел Г. М. Козленко [5]: в составленных таблицах запасов он по каждой породе привел еще средние коэффициенты форм  $q_2$  для отдельных ступеней высот.

А. Н. Карпов [4] разработал общую таблицу запасов древостоев. В ней, независимо от древесных пород, по каждой ступени высоты запасы древостоев показаны для семи групп значений второго коэффициента формы: 0,60; 0,625; 0,65; 0,675; 0,70; 0,725 и 0,75. По существу развитие идеи таблиц запасов закончилось, обобщение было сделано: влияние породы и условий роста и развития древостоев получило выражение в учете конечных результатов — формы стволов.

Появление линейки Биттерлиха, дающей возможность быстро устанавливать абсолютную полноту древостоя в  $m^2$  на 1 га, направило на новый путь мысль о быстром объективном определении запаса древостоя. В формуле запаса  $v = ghf$  один из сомножителей — сумма площадей сечений стволов на 1 га  $g$  — находят быстро измерительным путем; остается неизвестной величина  $hf$ , носящая название видовой высоты. Из формулы запаса следует, что видовая высота  $hf = \frac{v}{g}$  представляет тот запас древостоя, который соответствует 1  $m^2$  площади се-

чения стволов. Поэтому произведение  $hf$  по существу является элементарным запасом древостоя  $v_e$ ; в результате

$$v = ghf = v_e n_g,$$

где  $n_g$  — число квадратных метров суммы площадей сечений деревьев.

Так как сумму площадей сечений ( $m^2$ ) древостоя линейкой определяют быстро, то встал вопрос об объективном и быстром установлении указанного элементарного запаса древостоя  $v_e$ . В этих целях разные исследователи вычисляли значения этого запаса по таблицам хода роста, а потом и по стандартным таблицам запасов и сумм площадей сечений.

Линь Чан-Ген [7] для определения запаса древостоя предложил формулу  $v = g(h + 3) f_s$ , в которой для  $f_s$  установлены средние значения по двум категориям пород. В приведенной формуле  $v_e = (h + 3) f_s$ .

Из анализа составленной В. И. Левиным таблицы запасов и сумм площадей сечений следует, что для сосны величина элементарного запаса древостоя при одинаковых средних высотах во всех пяти возрастных группах оказалась одинаковой.

В то же время анализ таблицы запасов, составленной Г. М. Козленко, показывает, что при одинаковых средних высотах элементарный запас больше у той древесной породы, у которой выше средняя величина второго коэффициента формы стволов.

Наконец, величина элементарного запаса древостоя была вычислена нами и по таблицам А. Н. Карпова. В общем оказалась, что 1) при одинаковых средних высотах и значениях второго коэффициента формы ствола величина элементарного запаса мало зависит от древесной породы; 2) чем больше второй коэффициент формы ствола, тем круче на графике прямая линии значений элементарного запаса по возрастающим ступеням средней высоты; 3) на графике прямые линии значений элементарного запаса, соответствующих определенным значениям второго коэффициента формы ствола, расходятся веером из точки с координатами  $h = 1$  м и  $v_e = 1$  м<sup>3</sup>. Однако прямолинейная связь  $v_e$  с  $h_{pc}$  наблюдается, начиная со значений средней высоты 8 м; 4) связь между  $v_e$  и  $h_{pc}$  передается уравнением связи  $v = (h - 1) \operatorname{tg} \alpha + 1$  м<sup>3</sup>.

Величина  $\operatorname{tg} \alpha$  угла наклона прямой линии связи к оси абсцисс зависит от величины второго коэффициента формы  $q_2$  и по ступеням последнего составляет:

$q_2$	0,60	0,625	0,65	0,675	0,70	0,725	0,75
$\operatorname{tg} \alpha$	0,380	0,395	0,413	0,433	0,456	0,481	0,508

По формуле, пользуясь указанными значениями  $\operatorname{tg} \alpha$ , мы вычислили обобщенные значения элементарного запаса древостоя по однометровым ступеням средних высот и по ступеням в 0,025 второго коэффициента формы ствола. В приложенной таблице значения элементарного запаса древостоя показаны лишь для четных значений средних высот.

Величины элементарного запаса древостоя, вычисленные по формуле  $v_e = hf$  с использованием таблицы М. Е. Ткаченко для видовых чисел, практически совпадают с выравненными по формуле  $v_e = (h - 1) \operatorname{tg} \alpha + 1$ . Это хорошо видно из табл. 1.

Предлагаемая табл. 2 является общей, компактной и удобной для применения в целях объективного унифицированного определения запаса древостоя через число квадратных метров суммы площадей сечений стволов последнего. Для облегчения указанной работы по данным таблицы К. Е. Никитин составил специальную номограмму.

Таблица 1

$q_2$	Значения $v_2$ для $h_{cp}$ (м)				Значения $hf^*$ для $h_{cp}$ (м)			
	12	20	30	40	12	20	30	40
0,60	5,18	8,22	12,02	15,80	5,26	8,26	11,97	15,60
0,65	5,54	8,85	12,98	17,10	5,65	9,00	13,11	17,20
0,70	6,02	9,66	14,22	18,80	6,11	9,82	14,40	18,96
0,75	6,59	10,65	15,73	20,80	6,60	10,68	15,75	20,80

\* Значения  $hf$  взяты из таблицы видовых чисел, составленной М. Е. Ткаченко.

В таблицах хода роста древостоев следует приводить значения элементарного запаса древостоя; это сделает таблицы более удобными для сопоставления и более гибкими для разных перерасчетов запасов древостоев в зависимости от сумм площадей сечений стволов.

Таблица 2

Средняя высота, м	Элементарный запас древостоя $v_2$ (м <sup>3</sup> ) по ступеням второго коэффициента формы стволов $q_2$						
	0,60	0,625	0,65	0,675	0,70	0,725	0,75
4	2,66	2,75	2,83	2,92	3,01	3,10	3,18
6	3,10	3,17	3,28	3,39	3,51	3,62	3,73
8	3,66	3,76	3,89	4,03	4,19	4,77	4,56
10	4,42	4,56	4,72	4,90	5,10	5,33	5,57
12	5,18	5,34	5,54	5,76	6,02	6,29	6,59
14	5,94	6,14	6,37	6,63	6,93	7,25	7,60
16	6,70	6,92	7,20	7,50	7,84	8,22	8,62
18	7,46	7,72	8,02	8,36	8,75	9,18	9,64
20	8,22	8,50	8,85	9,23	9,66	10,14	10,65
22	8,98	9,30	9,67	10,07	10,58	11,10	11,67
24	9,74	10,08	10,50	10,96	11,49	12,06	12,63
26	10,50	10,88	11,32	11,82	12,40	13,02	13,70
28	11,26	11,66	12,15	12,69	13,31	13,99	14,72
30	12,02	12,45	12,98	13,56	14,22	14,95	15,73
32	12,78	13,24	13,80	14,42	15,14	15,91	16,75
34	13,54	14,04	14,63	15,29	16,05	16,87	17,76
36	14,30	14,82	15,45	16,16	16,96	17,84	18,78
38	15,06	15,62	16,28	17,02	17,87	18,80	19,80
40	15,80	16,40	17,10	16,90	18,8	19,8	20,8

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. В. Воропанов. Еще раз о таблице сумм площадей сечений и запасов насаждений на 1 га при полноте 1,0. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1954. [2]. М. Л. Дворецкий. Запас насаждения и средняя высота. Известия Казанского института сельского хозяйства и лесоводства, № 2, 1930. [3]. М. Л. Дворецкий. Размеры среднего дерева и запас насаждения. Известия Казанского лесотехнического института, № 1, 1932. [4]. А. Н. Карпов. Таблица сумм площадей сечений и запасов насаждений на 1 га при полноте 1,0. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1951. [5]. Г. М. Козленко. О стандартных таблицах сумм площадей сечений и запасов насаждений при полноте 1. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1953. [6]. В. И. Левин. Ход роста полных и одновозрастных основных древостоев Архангельской области по классам бонитета. Труды Архангельского лесотехнического института, т. XIV, 1954. [7]. Линь Чан-Ген. Новое в технике определения запаса древостоя. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1961. [8]. Н. В. Третьяков. Глазомерная таксация запаса. Журн. «Лесинженерное дело» № 3, 1925. [9]. Н. В. Третьяков. Таксация насаждений. Конспект лекций составлен М. В. Давидовым, 1930. [10]. Фр. Эйхгорн. Зависимость между высотой насаждений и их массой. «Лесопромышленный вестник» № 5, 1905.

Поступила в редакцию  
10 ноября 1963 г.

## БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД УЧЕТА УРОЖАЙНОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Ю. Н. АЗНИЕВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский технологический институт)

Для успешного решения разнообразных задач лесного семенного дела необходимо знание закономерностей плодоношения древесных и кустарниковых пород, основанное на объективных методах учета урожайности древостоев. Однако ни один из существующих в настоящее время методов не может полностью удовлетворить работников лесного хозяйства. Поэтому одной из задач нашей работы по изучению плодоношения сосны обыкновенной в лесах Белорусской ССР явилось сравнение наиболее известных в лесоводстве методов учета плодоношения сосны в целях выявления метода, отвечающего требованиям производства, а также проверка возможности применения биологического метода к учету плодоношения сосновых насаждений.

В течение 1948—1963 гг. на одних и тех же объектах мы применяли следующие методы изучения плодоношения сосны: модельных деревьев, семеномеров, сплошного учета, по количеству и возрасту самосева, статистический, пробных ветвей (биологический) и глазомерный (с оценкой урожая по шкале В. Г. Каппера [3]). Несомненный интерес представляет метод пробных ветвей или биологический.

Для сосны обыкновенной этот метод впервые применила З. И. Трофимова при изучении плодоношения островных боров лесостепного Зауралья в 1951—1952 гг. [6]. Начиная с 1953 г., его используем и мы в сосновых насаждениях Белорусской ССР, в разных типах леса и в возрасте древостоев от 20 до 240 лет. Методика работы, предложенная З. И. Трофимовой и несколько уточненная и дополненная нами [1], заключается в следующем: на пробной площади или рядом с ней отбирают 5—10—15 модельных деревьев разных классов роста, или продуктивности, или роста и развития, или др. (в зависимости от принятой классификации деревьев), то есть по 1—2—3 дерева от каждого класса.

Модели должны быть средними для своего класса по энергии плодоношения, определяемой глазомерно. При отборе деревьев может быть применен и метод средней модели [5].

Для учета количества шишек и следов опавших шишек (рубцов) крону каждого модельного дерева делят на три равные секции: верхнюю, среднюю и нижнюю. В каждой секции подсчитывают количество плодоносящих ветвей. От каждой секции кроны с разных сторон ее берут по три средние по размерам ветви, то есть по 9 ветвей с каждого модельного дерева. Как показал наш опыт, для сосновых насаждений

до 40 лет можно ограничиться взятием трех пробных ветвей первого порядка с каждого дерева без разделения кроны на секции и с подсчетом только плодоносящих ветвей. В этом возрасте целесообразно срезать ветви со стоящих моделей. В насаждениях старших возрастов в большинстве случаев модельные деревья приходится срубать.

Процесс учета состоит в просмотре всех срубленных ветвей. На каждой из них учитывают шишки, начиная с побегов текущего года. На них подсчитывают однолетние шишки, а на побегах прошлого года — двухлетние. После этого учитывают рубцы от опавших шишек на побегах прошлых 5—7 лет. Количество шишек (и рубцов), определенное по годам для одной ветви как среднее из трех в каждой секции кроны, умножают на количество ветвей данной секции. Суммируя количество шишек трех секций кроны, получают урожай шишек на всем дереве по годам. Затем находят среднее количество шишек на одном дереве каждого класса и переводят на пробу и на 1 га древостоя.

Результаты проведенных исследований позволили заключить, что, пользуясь биологическим методом, можно получить представление о величине урожая шишек на 1 га (по количеству) за 5 предыдущих лет, определить урожай текущего года и дать прогноз ожидаемого в будущем году; если же иметь в виду год опадения семян, то при учете плодоношения на срубленных или стоящих деревьях в летне-осенний период можно предвидеть урожай двух следующих лет.

Имея данные о среднем выходе семян из одной шишки и зная абсолютный вес семян в исследуемых насаждениях, можно получить представление и об урожае семян.

По нашим данным, в годы хороших и средних урожаев точность биологического метода несколько выше, чем в годы со слабыми и обильными урожаями, и меньше зависит от возраста, хотя, в общем, с увеличением последнего она снижается. В насаждениях до 40-летнего возраста точность этого метода довольно высока, и отклонения обычно не превышают  $\pm 5-7\%$  по сравнению со сплошным сбором шишек.

Метод сплошного учета служит эталоном для сравнения, а отклонения результатов, полученных другими методами, составляющие даже  $\pm 15-20\%$  от сплошного, могут свидетельствовать о достаточно высокой степени точности этих методов.

Сравнение результатов определения урожая семян сосны в спелом сосняке-брусничнике в среднем по урожайности 1951 г. разными методами, приведенное в табл. 1, дает представление о точности этих методов и позволяет сделать следующие выводы.

1. Наиболее точные результаты дали методы со взятием 15 моделей.

2. Уменьшение числа модельных деревьев до 10 и 5 дает значительные отклонения величины урожая.

3. Биологический метод при взятии моделей по классам продуктивности, независимо от их количества, дает преувеличение урожая и тем большее, чем меньше моделей.

4. Небольшое преувеличение дают также методы средней модели (по 15 деревьев) и модельных деревьев по классам роста и развития, а все остальные в большей или меньшей степени преуменьшают величину урожая.

5. Несколько более высокая точность метода средней модели и разница в результатах, полученных методом модельных деревьев и биологическим (при одинаковом количестве моделей) объясняется, очевидно, тем, что при первом методе собирают все шишки, а при втором урожай каждого дерева определяют по пробным ветвям.

Таблица 1

Методы учета	Урожай семян		Отклонения, %
	тыс. шт.	%	
Сплошной (на 195 срубленных деревьях)	1029,0	100	0
По средней модели при взятии:			
а) 15 деревьев	1067,9	103,6	+ 3,6
б) 10 деревьев	844,9	82,0	-18,0
в) 5 деревьев	722,2	70,1	-29,9
Модельных деревьев по классам роста и развития (15 деревьев)	1075,2	104,4	+ 4,4
Модельных деревьев по классам продуктивности (15 деревьев)	927,2	90,0	-10,0
Модельных деревьев по классам роста (15 деревьев)	909,6	88,3	-11,7
Биологический по классам роста (5 деревьев)	842,8	81,8	-18,2
Биологический по классам продуктивности:			
а) 5 деревьев	1198,8	116,5	+16,5
б) 10 деревьев	1155,6	112,3	+12,3
в) 15 деревьев	1106,2	107,5	+ 7,5
Семеномеров (10 шт.)	787,0	76,4	-23,6

В производственных условиях можно признать достаточной точность определения величины урожая биологическим методом со взятием пяти модельных деревьев по классам продуктивности. Эти модели могут быть отобраны по классам роста, роста и развития [4], продуктивности [2] или по средней модели [5]. Но учитывая неизбежный субъективизм при пользовании первыми двумя классификациями и значительное преуменьшение величины урожая по пяти средним моделям, нам представляется наиболее целесообразным производить отбор моделей по классам продуктивности, которые являются объективным отражением закономерного распределения деревьев в насаждении по ступеням толщины (установленного А. В. Тюриным [7]) и характеризуют собой интенсивность обмена веществ между деревьями разных классов и средой, а следовательно и энергию плодоношения.

Удобство применения и точность результатов значительно возрастают при использовании биологического метода для учета урожайности сосновых насаждений I—II классов возраста.

Биологический метод после испытания его в сосновых насаждениях опытно-производственных лесничеств разных климатических районов, типов леса и возрастов должен найти, по нашему мнению, самое широкое производственное применение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Н. Азниева. Учет плодоношения сосновых насаждений БССР биологическим методом. Сборник научных трудов БЛТИ им. С. М. Кирова, вып. XI, 1959.
- [2]. Б. Д. Жилкин. Классификация деревьев по продуктивности в однопородных одно-возрастных древостоях и опыт ее применения. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1952.
- [3]. В. Г. Каптер. Об организации ежегодных систематических наблюдений над плодоношением древесных пород. Л., 1930.
- [4]. В. Г. Нестеров. Метод оценки деревьев по росту и развитию при лесоводственных работах. М., 1951.
- [5]. Л. Ф. Правдин. Плодоношение древостоев и методы его учета. Л., 1932.
- [6]. З. И. Трофимова. Определение урожайности сосны биологическим методом. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1953.
- [7]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М.—Л., 1931.

## О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЕЛОВЫХ КУЛЬТУР РАЗНОВОЗРАСТНЫМ ПОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ И ВЫРАЩИВАНИЯ ИХ БЕЗ УХОДА ЗА ПОЧВОЙ В ЛЕСХОЗЗАГАХ КАРПАТ

**Н. И. ОНИСЬКИВ**

Старший научный сотрудник

(Боярская ЛОС)

В лесокультурном деле до настоящего времени еще не разработан вопрос о возрасте посадочного материала для закладки культур ели, вообще, и в условиях горных лесхоззагов Карпат, в частности. Разные авторы предлагают использовать посадочный материал ели различного возраста [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

На протяжении пяти лет (1958—1962 гг.) мы изучали вопросы приживаемости, выживаемости и роста еловых культур, созданных в частично подготовленную почву площадками  $0,4 \times 0,4$  м на свежих нераскорчеванных вырубках посадочным материалом разного возраста (1—5 лет), и выращивания их без ухода за почвой.

Характеристика опытных участков приведена в табл. 1.

№ участка	Местонахождение участка, лесхоззаг, лесничество, квартал	Высота над уровнем моря, м	Экспозиция и крутизна склона	Тип условий местопроизрастания
1	Прикарпатская равнина, Стритский, Лисовичское, 15	350	—	C <sub>3</sub>
2	Карпаты, Сколевский, Оревское, 15	700	Склон северной экспозиции крутизной 20—25°	"
3	Карпаты, Дрогобычский, Ивано-Франковское, 22	600—700	"	"

Чистые еловые культуры в районе исследований весьма неустойчивы, поэтому на всех опытных участках посадку ели обыкновенной производили в смешении с пихтой европейской и явором.

Однолетние сеянцы сажали в ямки, приготовленные мотыгой, остальные — под меч Колесова.

Опыты показали, что в условиях Карпат посадку (особенно крупномерным посадочным материалом) необходимо производить в ямку без заземления корней. При посадке под меч Колесова щебенка защемляет корни и сильно повреждает их, что снижает приживаемость культур.

При изучении приживаемости установлено, что гибель сеянцев и дичков в первый год после посадки увеличивается пропорционально их возрасту. На второй год жизни культур наблюдалась обратная картина. На третий, четвертый и пятый годы отпада не было. Следовательно, чем старше посадочный материал, тем ниже приживаемость на лесокультурной площади, но тем больше сохранность культур на второй год.

Дички, по сравнению с сеянцами такого же возраста, в первый и второй годы имеют больший отпад, так как они плохо выдерживают солнечное освещение на лесокультурной площади.

Однолетние сеянцы в условиях Карпат имели исключительно хорошую приживаемость.

Пятилетние данные по росту ели в высоту в опытных культурах показывают, что высота саженцев зависит от возраста сеянцев (дичков): чем они старше, тем выше; в то же время годичный прирост в высоту до трехлетнего возраста, наоборот, увеличивается с уменьшением возраста сеянцев.

Культуры, созданные сеянцами, росли гораздо лучше, чем созданные дичками. Чем старше посадочный материал, тем эта разница заметнее.

На рост саженцев любого возраста большое влияние в горных условиях оказывает мощность почвы. Внизу склона культуры, посаженные однолетними сеянцами, растут лучше, чем на вершине.

Рост корневой системы саженцев ели зависит от возраста посадочного материала, а также от мощности и плотности почвы. 4—5-летние саженцы на третий год культур имели корневую систему, распространенную в горизонтальном направлении больше, чем двухлетние. Такое же явление наблюдалось в культурах, созданных дичками.

Таблица 1

Почва	Живой напочвенный покров	Время посадки	Место заготовки посадочного материала
Дерново-подзолистая, тяжелосуглинистая, pH верхнего горизонта 4,4, содержание гумуса 5,4%	Густой в-здрчатка, ситник альпийский, мелуница, осока волосистая и др.	Весна 1958 г.	Питомник Лисовичского лесничества
Бурая, подзолистая, суглинистая со щебенкой. В слое до 15—24 см в среднем 24% щебенки, pH верхнего горизонта—4,8, гумус - 4,1%	Редкий ясенник душистый, мелуница, звездчатка, кислица обыкновенная и др.	Весна 1959 г.	Питомник Ивано-Франковского лесничества

Рост корневой системы саженцев в Карпатах зависит от мощности почвенного покрова. На маломощных скелетных почвах корневая система растет вширь, на мощных — вглубь. Это видно при рассматрива-

нии роста корневой системы на участке 3, сверху склона (маломощные скелетные почвы) и внизу (мощные, аллювиальные почвы).

Наши опыты, проведенные ранее в производственных культурах Майданского лесничества Дрогобычского лесхоззага, показали, что рыхление почвы вызывает большое повреждение корневой системы саженцев ели и, кроме того, усиливает развитие эрозионных процессов (из посадочного места вымывается мелкозем и остается одна щебенка).

Поэтому на всех рассматриваемых опытных участках и во всех вариантах производили уход за культурами в основном только путем обжинки травы серпом вокруг саженцев, исключив полностью уход за почвой. (Рыхлить почву мотыгами и пропалывать бурьяны, как широко практикуют в лесхоззагах, необходимо только при длительном отсутствии дождя.) Наиболее эффективен комбинированный способ ухода — поочередная обжинка травы серпом и отаптывание.

Число уходов в течение вегетационного периода зависит от возраста посадочного материала и от степени зарастания площади культур травянистой и кустарниковой растительностью, которая, в свою очередь, связана с типом леса, мощностью почвы, экспозицией и крутизной склона, условиями погоды и т. д.

Для условий района исследований в еловых культурах, созданных 2—3-летними сеянцами, количество обжинок должно быть в первый год — три, во второй — два и в третий — один-два; в культурах, посаженных однолетними сеянцами, в первые два года указанное количество следует увеличить на один раз. В еловых культурах, созданных 4—5-летними сеянцами, обжинку необходимо производить только в первые два года (два-три раза в первый год и один-два — во второй). (Необходимо учесть, что в горных районах травянистая растительность имеет большое противозэрозионное значение, а также то, что еловые саженцы не выносят летом высоких температур.)

Осенью обжинка травы крайне необходима, особенно в первый и второй годы. Высокие стебли трав, сгибаясь и ломаясь под тяжестью навалившегося снега, пригибают мелкие деревца к земле и уродуют их или выворачивают с корнями.

Опыты показали, что бригада рабочих, которая ведет уход за культурами, должна быть вооружена не только серпами, но и топорами и мотыгами с тем, чтобы по мере надобности вырубать, а то и выкорчевывать заросли подлесочных пород, особенно ежевику — самого большого врага еловых культур Карпат.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Боберский. Облесение каменистых россыпей. Журн. «Лесник и объездчик» № 5, 1959. [2]. Н. И. Калужский. Особенности создания лесных культур в западных областях УССР. Львов, 1958. [3]. И. С. Миняйленко. Лесные культуры в горных условиях Восточных Карпат. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1963. [4]. В. В. Огиевский и др. Лесные культуры. М.—Л., 1949. [5]. А. П. Тольский. Основы лесокультурного дела. Частное лесоводство, ч. 3, Л., 1930. [6]. М. К. Турский. Сборник статей по лесоразведению, 1899. [7]. Г. Л. Тышкевич. Ель как быстрорастущая порода, Л., 1948. [8]. Г. Р. Эйтинген. Лесная опытная дача 1865—1945. М., 1946. [9]. Zbigniew Stecki. O występowaniu i roli świerka w lasach Pojezierza Mazurskiego. Sylwan, № 1, 1957.

## АЭРОСЕВ ЕЛИ ПО ГАРИ ТРЕХЛЕТНЕЙ ДАВНОСТИ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ \*

**В. Е. КИЗЕНКОВ**

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

Аэросев семян ели по площадям, пройденным пожарами, проводили во многих областях нашей страны. По данным М. Н. Прокопьева [10], Е. П. Сысоева [11], А. А. Марусова [5], Ф. Б. Орлова и нашим [9] и др. посев семян ели с самолета на свежих гари 1—2-летней давности, где огонь в значительной степени уничтожил древесно-кустарниковую и травянистую растительность, в большинстве случаев дал неудовлетворительные результаты. Это объясняется тем, что молодые всходы ели в силу своих биологических особенностей плохо приживаются в местах, лишенных полога из лиственных пород или другой защиты, что обнаруживается в первые же два года после аэросева.

Опыт применения аэросева ели по гарям более старым (давность от трех лет и выше) несомненно представляет интерес. Однако в лесоводственной литературе этот опыт освещен слабо.

Архангельское управление лесной промышленности и лесного хозяйства весной 1962 г. провело аэросев ели на гари трехлетней давности в Квандозерском лесничестве Пуксоозерского лесхоза.

Результаты обследования этих культур приведены в настоящей статье.

Участок аэросева имеет площадь 340 га. Господствующей породой до рубки леса была ель. Преобладающий бывший тип леса — ельник-черничник. Почвы свежие среднеподзолистые легкосуглинистые на карбонатном суглинке. Рельеф площади слабоволнистый. Заготовку древесины производили в период с 1958 г. по 1959 г. Трелёвку хлыстов осуществляли тракторами ТДТ-40. Очистка лесосек — огневая в кучах. Захламленность на всей площади в основном средняя (15—20 м<sup>3</sup> на 1 га). На вырубках обсеменителей не оставляли. В весенне-летний период 1959 г. на площади 263 га прошли пожары, которые оказали различное воздействие на живой напочвенный покров и лесную подстилку. Подроста предварительного происхождения почти не сохранилось. Естественное возобновление в год проведения аэросева на площади участка, пройденной огнем, представлено березой и осиной до 1000 шт. на 1 га, высотой до 50 см. В местах, не затронутых пожаром, лиственных насчитывали до 22000 шт. на 1 га высотой 40—70 см.

Посев семян ели с самолета проводили сплошным способом 22 мая 1962 г. В среднем на 1 га высевали 2,3 кг семян. Семена местные

\* Работа выполнена под руководством канд. сельскохозяйственных наук Ф. Б. Орлова.

I—II классов сортности. Обследование результатов аэросева мы проводили дважды: в сентябре 1962 г. и в конце августа 1963 г. Для учета однолетних всходов ели равномерно на всей площади аэросева было заложено 1855 площадок размером 1—2 м<sup>2</sup> каждая, из них 810 стационарных. Учет двухлетних всходов производили на всех стационарных площадках, а также на дополнительно заложённых 815 учетных площадках такого же размера. Величина обследованной площади составила 0,1—0,11% от общей площади аэросева, что соответствует указаниям Н. Е. Декатова и Н. С. Зюзя [2]. При обследовании культур ели вся площадь аэросева по лесорастительным условиям нами была разбита на три выдела.

На выделе № 1 (площадью 128 га) пожар 1959 г. полностью уничтожил живой напочвенный покров и лесную подстилку. Почва свежая среднеподзолистая легкосуглинистая. В 1962 г., то есть в год проведения аэросева, живой напочвенный покров был представлен иван-чаем (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop) — 70%, и хвощом лесным (*Equisetum silvaticum* L.) — 30%, степень покрытия почвы 0,4—0,6. Из мхов встречаются кукушкин лен (*Polytrichum commune* L.) — 60%. *Polytrichum strictum* Banks — 40%; покрытие почвы 0,4. Бывший тип леса ельник-черничник, захламленность средняя, количество пней на 1 га колеблется от 500 до 700 шт.

На выделе № 2 (площадью 135 га) прошел беглый пожар, который вызвал слабое прогорание лесной подстилки, им в значительной степени уничтожена древесно-кустарниковая и травянистая растительность. В 1962 г. в живом покрове господствовал иван-чай; степень покрытия почвы 0,5—0,6; редко встречались хвощ и брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.). В моховом покрове преобладал кукушкин лен с покрытием почвы 0,6. Лесная подстилка плотная мощностью 4—5 см. Почва и тип леса те же, что и на выделе № 1. Захламленность на 80 га слабая (10—15 м<sup>3</sup>) и на 55 га средняя (до 15—20 м<sup>3</sup>). Количество пней на 1 га — от 400 до 600 шт.

На выделе № 3 (площадью 77 га) воздействия огня не было. Почва торфянисто-подзолисто-глебовая. В год аэросева живой напочвенный покров состоял из осоки (*Carex caespitosa* L.) — 40%, хвоща — 30%, брусники — 30%; степень покрытия почвы 0,8—0,9. В моховом покрове кукушкин лен занимает 70%, сфагнум — 30%; покрытие почвы 0,9—1,0; высота мхов 20—25 см. Бывший тип леса ельник-долгомошник. Захламленность средняя. Количество пней 600—700 шт. на 1 га.

В табл. 1 дано распределение всходов ели после аэросева 1962 г. и лиственных пород естественного происхождения по выделам.

Таблица 1

№ выдела	Год обследования	Количество учетных площадок	Количество всходов ели после аэросева, шт. 1 га						Количество молодняка березы и осины, шт. на 1 га
			здоровых				сомнительных	погибших	
			M ± m	σ ±	v, %	p, %			
1	1962	740	15820 ± 200	5360	33,8	1,2	380	150	700
	1963	675	10240 ± 180	4570	44,6	1,7	2790	3470	800
2	1962	762	4080 ± 100	2840	69,6	2,5	210	100	1200
	1963	660	2970 ± 85	2190	73,7	2,8	420	760	1700
3	1962	353	2140 ± 90	1710	80,0	4,2	140	Единиц.	22000
	1963	290	930 ± 50	880	95,7	5,7	520	890	23500

Из табл. 1 видно, что лучшие результаты аэросева оказались на выделе № 1. Согласно шкале Е. П. Сысоева [11], их следует признать хорошими.

На выделе № 2 однолетних всходов насчитывали в 4 раза меньше, чем на выделе № 1. К тому же, как показывает коэффициент вариации, молодняк ели по площади выдела распределен крайне неравномерно. Всходы ели в основном были расположены в местах полного обнажения почвы огнем, около пней и валежника.

Низкие результаты аэросева на выделе № 2 объясняются тем, что оставшаяся после беглого пожара плотная лесная подстилка (мощностью 4—5 см) препятствовала проникновению семян к почве и их прорастанию. О неблагоприятном влиянии лесной подстилки на появление всходов сообщали также другие авторы [8], [12], [7], [6], [1].

На выделе № 3 посев ели дал явно отрицательный результат. Всходы, как правило, были приурочены к пням, хламу и отдельным микроповышениям. В мощном моховом покрове из кукушкина льна и сфагнума появление всходов было крайне затруднено вследствие зависания семян, на что указывают в своих работах также О. Э. Шергольд [13] и Е. П. Сысоев [11]. Аналогичная картина отмечена Ф. Б. Орловым и нами [3], [4], [9] при исследовании культур хвойных пород, созданных аэросевом в условиях Архангельской и Вологодской областей.

Данные таблицы далее показывают на высокий отпад культур ели на второй год их жизни по всем выделам площади аэросева.

Как показали исследования, одной из основных причин гибели всходов ели является отрицательное влияние резких температурных воздействий в местах, лишенных полога травяного покрова и листовых пород естественного происхождения. Для подтверждения изложенного приведем данные наблюдений 1963 г. на 302 стационарных площадках.

Таблица 2

Количество учетных площадок, шт.	Степень покрытия почвы иван-чаем	Общее количество 2-летних всходов ели на 1 га, тыс. шт.	В том числе					
			здоровых		сомнительных		сухих	
			М	%	М	%	М	%
40	0	15,0	4,4	29,4	3,8	25,4	6,8	45,2
62	0,1—0,2	14,2	6,9	48,5	3,1	21,8	4,2	29,7
53	0,3—0,4	17,7	10,5	59,5	3,2	18,0	4,0	22,5
74	0,5—0,6	15,5	12,2	79,0	1,4	9,1	1,9	12,3
41	0,7—0,8	12,3	10,2	83,0	1,2	9,7	0,9	7,3
32	0,9—1,0	10,9	7,9	72,5	1,3	11,9	1,7	15,6

Данные табл. 2 показывают, что живой покров из иван-чая играет значительную роль в защите всходов ели от колебания температур.

Заморозки в значительной степени повреждают верхушки елочек. Такие всходы при учете мы отнесли к категории сомнительных.

Повреждение однолетних всходов ели солнечными ожогами было отмечено лишь единично. Это объясняется тем, что в 1962 г. лето было пасмурным и влажным. На второй год жизни культур гибели ели от высоких температур вообще не наблюдалось.

Положительное влияние на выживаемость сеянцев ели на гари также оказали примесь листовых пород, подлесок и пни. Как показали наблюдения, молодые елочки находили защиту от неблагоприятных воздействий под пологом березы и осины последующего возобновления,

подлеска из малины и шиповника, вблизи пней и валежника. В таких условиях 80—85% молодняка ели имели вполне удовлетворительное состояние.

Высокий отпад ели на второй год после производства культур в бывшем типе леса ельник-долгомошник (выдел № 3) объясняется в основном гибелью ее в микропонижениях, в которых вследствие длительного застоя воды в весенне-летний период 1963 г. происходило вымокание семян.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. В. Алексеев. Опыт аэросева сосны и ели. Сборник статей по лесному хозяйству, Архангельск, 1958. [2]. Н. Е. Декатов, Н. С. Зюзь. Указание по аэросеву семян сосны и ели. Л., 1956. [3]. В. Е. Кизенков. Результаты аэросева семян ели по листовым молоднякам в Бекетовском лесничестве Вологодской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1963. [4]. В. Е. Кизенков, Ф. Б. Орлов. Результаты аэросева в Квандозерском лесничестве Архангельской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [5]. А. А. Марусов. Аэросев хвойных на западных склонах Среднего Урала. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1962. [6]. И. С. Мелёхов. Ломоносовы лесная наука. Изд. Архангельского лесотехнического института, Архангельск, 1947. [7]. Г. Ф. Морозов. Очерки по возобновлению сосны. 1930. [8]. В. Д. Огневский. О влиянии травы на обсеменение сосновых вырубок. «Лесной журнал», вып. 1, 1898. [9]. Ф. Б. Орлов, В. Е. Кизенков. Результаты опытного аэросева в Архангельской области. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1963. [10]. М. Н. Прокопьев. Аэросев сосны и ели как способ лесовосстановления. Журн. «Лесное хозяйство» № 10, 1959. [11]. Е. П. Сысоев. Лесовосстановление концентрированных вырубок путем аэросева в условиях Кировской области. Киров, 1959. [12]. М. Е. Ткаченко. Леса Севера. Труды по лесному опытному делу, вып. 25, 1911. [13]. О. Э. Шергольд. Результаты аэросева в Коми АССР. Журн. «Лесное хозяйство» № 5, 1954.

Поступила в редакцию  
4 февраля 1964 г.

## КУЛЬТУРЫ ТОПОЛЯ В ПОЙМЕ СРЕДНЕГО ДОНА

В. Г. ШАТАЛОВ

Аспирант

(Воронежский лесотехнический институт)

В литературе уделено большое внимание культурам тополя, однако совершенно отсутствуют данные о росте тополевых культур в пойме Среднего Дона. Между тем, наиболее оптимальные для тополя условия наблюдаются именно в поймах рек, где созданию культур тополя уделяли и будут уделять большое внимание.

При подборе участков под культуры тополя необходимо учитывать разнообразие лесорастительных условий в пойме.

И. В. Трещевский\* предложил схему основных типов условий местопроизрастания для поймы Нижнего Дона. Решающими факторами в оценке типов лесорастительных условий он считает характер затопления и плодородие почвы. Исследования, проведенные нами в 1963 г. в Павловском, Донском, Богучарском лесхозах Воронежской области, Мигулинском и Верхне-Донском лесхозах Ростовской области, показали, что эта схема вполне пригодна и для поймы Среднего Дона.

Наиболее благоприятны для культур тополя зернисто-слоистые и хорошо гумусированные слоистые супесчаные почвы в зоне среднего затопления, продолжающегося от одного до двух месяцев, при глубине грунтовых вод от 1,5 до 3 м. В этих условиях в возрасте 9 лет культуры тополя черного имеют средний прирост по запасу  $12,5 \text{ м}^3$  и текущий —  $16,9 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Высокими энергией роста и производительностью обладают культуры тополя канадского и бальзамического на слоистой супесчаной хорошо гумусированной почве (табл. 1; пробная площадь № 7). На слоистых песчано-пылеватых отложениях прирусловой поймы при кратковременном затоплении тополь канадский растет значительно хуже (пробная площадь № 13).

В квартале 43 Богучарского лесхоза в условиях не ежегодного кратковременного затопления на промытых песчано-пылеватых почвах тополь канадский уже в шестилетнем возрасте отмирает из-за бедности и сухости почв (пробная площадь № 12). Средний прирост по высоте не превышает 50 см. В лесокультурной практике лесхозов (Павловский, Богучарский, Мигулинский) имела место и полная гибель тополевых культур в этих условиях.

\* И. В. Трещевский. К вопросу о лесорастительных условиях поймы Нижнего Дона. Научные записки Воронежского лесотехнического института, т. 24, Воронеж, 1961.

№ пробной площади	Лесхоз	Почва	Вид тополя	Возраст, лет	Число деревьев на 1 га, шт.
4	Павловский	Зернисто-слоистая	Черный	9	3480
7	Донской	Слоисто-супесчаная хорошо гумусированная	Канадский	9	380
13	Богучарский	Слоистая песчано-пылеватая	Бальзамический	9	856
8	Донской	Слоистая супесчаная слабогумусированная	Канадский	10	541
3	Павловский	Слоистая песчаная	Черный	19	474
			Черный	20	765

Примечание. Продолжительность затопления в высокие паводки на пробных участках не ежегодно. Классы бонитета и полноты определены по таблицам А. Т. Верещагина.

Аналогичные выводы получены при сравнении роста культур тополя черного на пробных площадях № 8 и 3.

Данные табл. 1 подтверждают мнение большинства авторов, что для выращивания высокопродуктивных тополевых насаждений необходимы плодородные почвы, высокая водообеспеченность и хорошая аэрация ризосферы тополей.

Обследование тополевых культур в пойме Среднего Дона показало, что лучше всего здесь растет тополь канадский. Тополь бальзамический и черный отстают в росте от канадского. В отличие от осокоря тополь канадский имеет более прямоствольные и полнодревесные стволы, благодаря чему повышается выход деловой древесины.

В пойме Среднего Дона, как правило, создавали чистые культуры тополей, в незначительном количестве — смешанные. В Донском лесхозе Воронежской области в 1955 г. были посажены при порядном смешении тополя и вяз с размещением  $1,5 \times 0,7$  м. Уже к пятилетнему возрасту вяз был настолько угнетен, что в 1960 г. его полностью вырубил (пробная площадь № 7).

В Богучарском лесхозе весной 1958 г. были заложены тополево-березовые культуры путем смешения трех рядов тополя канадского и трех рядов березы бородавчатой при размещении  $1,5 \times 0,7$  м. В благоприятных для тополя условиях (табл. 2) уже в шестилетнем возрасте высота тополя была в 1,7 раза и диаметр в 2,9 раза больше, чем у березы. Соседние к тополю ряды березы угнетены и имеют пониженный текущий прирост по высоте. В будущем березу нужно вырубить или она выпадет естественным путем. Следовательно, приведенные примеры смешанных тополевых культур следует признать неудачными.

Характеристика тополево-березовых культур на слоистой супесчаной почве представлена в табл. 2.

Таблица 2

№ пробной площади	Порода	Возраст, лет	Густота посадки, шт./га	Процент сохранности	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Прирост по высоте, см	
							средний	текущий
10	Тополь канадский	6	4500	46	9,3	8,6	1,5	180
	Береза бородавчатая		4500	12	5,6	3,0	93	91

Таблица 1

Средняя высота, м	Сред- ний ди- аметр, см	Пол- нота	Запас стволовой древесины фактиче- ский, м <sup>3</sup> /га	Запас стволовой древесины при полно- те 1,0, м <sup>3</sup> /га	Прирост по высоте, см		Прирост по за- пасу фактиче- ский, м <sup>3</sup> /га		Класс бонитета насажде- ния
					сред- ний	теку- щий	сред- ний	теку- щий	
11,5	9,2	1,2	112,4	94	127	98	12,5	16,9	Iв
14,9	13,9	0,6	103,2	172	165	126	11,4	14,1	Iг
13,9	11,2	0,3	17,8	66	85	83	1,8	2,3	Iб
8,5	10,7								
18,0	22,4	0,6	137,8	238	95	82	7,2	12,6	Iв
15,0	16,9	0,6	120,6	212	75	38	6,0	3,5	Iб

№ 4 — 1,5 месяца; на пробах № 7 и 8 — 1 месяц; на пробах № 3 и 13 — до 1 ме-  
тенникова.

Все тополевые культуры в пойме Среднего Дона создавали, как правило, на открытых площадях, бывших под сельскохозяйственным пользованием. Почву готовили осенью предшествующего посадке года путем сплошной вспашки на глубину 25—30 см. Посадку проводили весной, после спада паводковых вод (обычно в первых числах мая), под меч Колесова. В качестве посадочного материала использовали черенки, заготавливаемые весной в маточных плантациях (с 1950 г.) и с тополей, растущих вблизи от лесокультурных площадей.

Лесокультурная практика лесхозов показала, что осенние посадки по приживаемости дают неудовлетворительные результаты. Весенние поздние посадки также неудачны, особенно после продолжительных паводков, когда возможна полная гибель тополевых культур, что имело место в 1963 г. в Донском лесхозе Воронежской области.

Поступила в редакцию  
27 марта 1964 г.

## О ВОДНОМ РЕЖИМЕ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ И ЕГО ВЛИЯНИИ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ

**Б. В. БАБИКОВ**

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Наши исследования были проведены на постоянных и временных пробных площадях в Тосненском, Вырицком и Рошинском лесхозах Ленинградской области. Для этого в выбранных насаждениях визирами ограничивали участки, которые затем делили на пробные площади. Количество их в участке было различным — от 3 до 5. Постоянные пробные площади закладывали в непосредственной близости к канавам, в одинаковых почвенных условиях. Временные располагали перпендикулярно канавам, так как эти площади были предназначены для изучения характера развития культур по мере удаления их от канав. В этом случае каждый участок делили визирами, параллельно канавам, на 3—5 пробных площадей, на каждой из них было не менее 200 деревьев сосны.

На постоянных пробных площадях в период вегетации в 1962 г. один раз в неделю, а в 1963 г. каждый четвертый день наблюдали за динамикой грунтовых вод, влажностью почвы и приростом сосны. В остальное время на протяжении двух лет один раз в декаду замеряли грунтовые воды. На временных пробных площадях наблюдения за грунтовыми водами проводили с мая по август один раз в декаду.

Влажность почвы определяли до глубины 40 см. Образцы отбирали из каждого десятиметрового слоя почвы, с 9—15-кратной повторностью (по 3—5 образцов с пробной площади). Прирост сосны в высоту измеряли у 50 сосенок каждой пробной площади, на четвертом-пятом году их роста. При обследовании 5-летних культур (участки 1 и 2) на каждой пробной площади у 200 сосенок измеряли высоты, диаметры у шейки корня, кроны по высоте и диаметру, текущие приросты за каждый год. В 28-летних культурах (участки 3 и 4) производили сплошной пересчет по односантиметровым ступеням, измеряли переносной рейкой высоты и приросты у 20—25 деревьев (10% насаждения). На основании высоты и прироста [6] определяли текущий класс бонитета. Запас находили по таблице, составленной С. Э. Вомперским [3].

Исследование проводили на осушенных переходных болотах, с различной мощностью торфа. Характеристика объектов приведена в табл. 1. Подготовка почвы под культуры на участках 1 и 2 проведена в 1958 г. при помощи канавокопателя ЛКА-2. Длина борозд 120—160 м, глубина 30—35 см. Расстояние между бороздами 3—5 м. На участке 1 каждая вторая борозда выведена в канаву, на участке 2 этого нет. Культуры созданы посадкой сосны в пласт под меч Колесова.

Таблица 1

№ участка	Характеристика торфа				Год создания культур	Состав культур	Расстояние между осушителями, м	Число пробных площадей, шт.
	мощность, м	зольность, %	степень разложения, %	pH				
1	0,5	7,7—46	45	4,7	1959	10С	120—160	3
2	0,6	6,4	30	4,5	1959	10С	Одна канава	3
3	1,0—1,2	2,6—5,6	20—25	3,9	1936	9С1Б	135	5
4	0,7—0,8	3,0—7,1	20	3,8	1936	8С2Б	55	3

На участках 3 и 4 культуры созданы без применения борозд. Способ подготовки почвы неизвестен. Канавы на всех участках открытые.

### Результаты исследований

Климатические условия в годы исследований были резко различными. Зима 1961/62 гг. была мягкой, с частыми оттепелями. Зимой 1962/63 гг. оттепелей не было. Сильные морозы продолжались с середины декабря до конца марта. Количество осадков было также разным. За апрель—июнь 1962 г. выпало 202 мм осадков, при средней многолетней норме 127,5 мм, за этот же период 1963 г. — только 57 мм осадков. В табл. 2 приведены средние месячные глубины грунтовых вод за два вегетационных периода.

Таблица 2

№ участка	Год наблюдений	Средняя глубина грунтовых вод (см) по месяцам						Средняя глубина грунтовых вод, см
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
1	1962	10	22	25	18	20	29	17
		28	38	41	35	37	29	35
	1963	13	25	54	58	61	42	42
2	1962	—	—	—	5	4	—	5
	1963	0	7	36	40	41	—	25
3	1962	—	—	—	19	17	13	16
	1963	—	13	36	36	45	—	32
4	1962	—	—	—	30	31	—	31
	1963	—	25	42	42	48	—	39

Примечание. Для участка 1 в числителе указана глубина грунтовых вод от поверхности почвы между пластами, в знаменателе — от поверхности пластов, на остальных участках — от поверхности почвы.

На протяжении двухлетних наблюдений не было отмечено случаев затопления пластов почвенно-грунтовыми водами. Почвенные воды выходили на поверхность между пластами в первой декаде апреля 1962 г. на участке 1, а также в апреле 1962 и 1963 гг. на участках 2—4.

Наблюдения показали, что торфяные почвы характеризуются высокой влажностью. Влажность почвы в пластах возрастает с глубиной. Особенно большое количество влаги содержится в сдвоенном горизонте пласта, сложенном слабо разложившимся торфом двух бывших верхних горизонтов болота. Следует отметить, что в среднем влажность поч-

вы в пластах значительно ниже, чем между ними. Следовательно, подготовка пластов на избыточно увлажненных почвах улучшает условия водно-воздушного режима этих почв.

### Содержание кислорода, растворенного в грунтовых водах

Исследованиями Гессельмана [4] и А. Я. Орлова [5] установлено, что на рост леса на избыточно увлажненных почвах оказывает неблагоприятное влияние недостаток кислорода, растворенного в грунтовой воде. На обедненность грунтовых вод растворенным кислородом указывал А. В. Веретенников [2]. На протяжении мая—июня 1962 и 1963 гг. мы определяли растворенный кислород в грунтовых водах осушенного и неосушенного переходных болот. Для этого использовали общепринятый иодометрический метод [1]. Анализы грунтовой воды проводили 4—6 раз в месяц. В табл. 3 приведено среднее по месяцам содержание кислорода, растворенного в грунтовых водах болот.

Таблица 3

Место взятия проб воды	Глубина, см	Среднемесячное содержание O <sub>2</sub> в грунтовой воде, мг/л				
		1962 г.			1963 г.	
		май	июнь	июль	май	июнь
Неосушенное болото	10	0,50	0,15	0	1,52	0,65
	25	—	—	—	0,04	0,21
	50	Кислород не обнаружен				
Осушенное болото	45	0,50	0,60	0	0,60	—

Из таблицы видно, что кислород, растворенный в воде неосушенного болота, практически отсутствует уже на глубине 10 см от поверхности почвы. В грунтовой воде, взятой на расстоянии 12 и 68 м от канавы, различий в содержании кислорода не обнаружено.

### Влияние глубины грунтовых вод на рост культур сосны

Исследования показали, что на осушенных переходных болотах культуры сосны отличались хорошим ростом. Характеристика пятилетних культур на торфяной почве приведена в табл. 4.

Таблица 4

№ пробных площадей	Средняя высота, см	Средний диаметр, см	Диаметр кроны, см	Прирост по высоте (см) по годам					Средняя глубина грунтовых вод в мае—августе, см	
				1959	1960	1961	1962	1963	1962 г.	1963 г.
1	108,3	2,3	51	3,7	6,9	21,1	36,5	33,0	19	44
	87,6	2,1	58	4,6	10,0	24,9	34,0	26,1	8	33
2	115,1	2,2	53	5,2	7,0	27,0	35,8	31,9	20	38
	82,4	2,0	50	—	9,8	23,6	0,0	19,8	5	25
3	119,3	2,7	60	3,9	5,9	25,0	38,6	35,2	27	53
	77,8	1,8	45	—	—	20,1	27,8	15,8	3	23

Примечание. В числителе — данные для участка 1, в знаменателе — для участка 2. Диаметры стволиков и кроны на участке 1 приведены по исследованиям 4-летних культур.

Из табл. 4 видно, что глубина почвенно-грунтовых вод оказывает большое влияние на прирост культур сосны.

Хорошим ростом отличаются культуры сосны на осушенных переходных болотах и в более позднем возрасте.

В табл. 5 приведена характеристика 28-летних культур на участках 3 и 4 и глубина грунтовых вод в мае—августе.

Текущий класс бонитета, определенный по таблицам [7], за годы исследований оказался II—III для участка 3 и II для участка 4.

Таблица 5

№ пробных площадей	Состав насаждений	Запас в переводе на 1 га, м <sup>3</sup>	Текущий класс бонитета за 1962—1963 гг.	Средняя глубина грунтовых вод, см	
				1962 г.	1963 г.

Участок 3

1	9С1Б	70,0	II—III	19	40
2	9С1Б	68,1	III	17	38
3	10С+Б	72,3	III—IV	14	32
4	9С1Б	64,0	III	17	31
5	9С1Б	78,3	II—III	22	34

Участок 4

1	8С2Б	111,2	III	34	43
2	8С2Б	106,0	II—III	25	38

Ход сезонного прироста

На рис. 1 приведены ход прироста сосны в высоту в 1962 и 1963 гг. и изменение глубины грунтовых вод за период роста сосны в высоту на примере наиболее характерной пробной площади 1, участка 1.

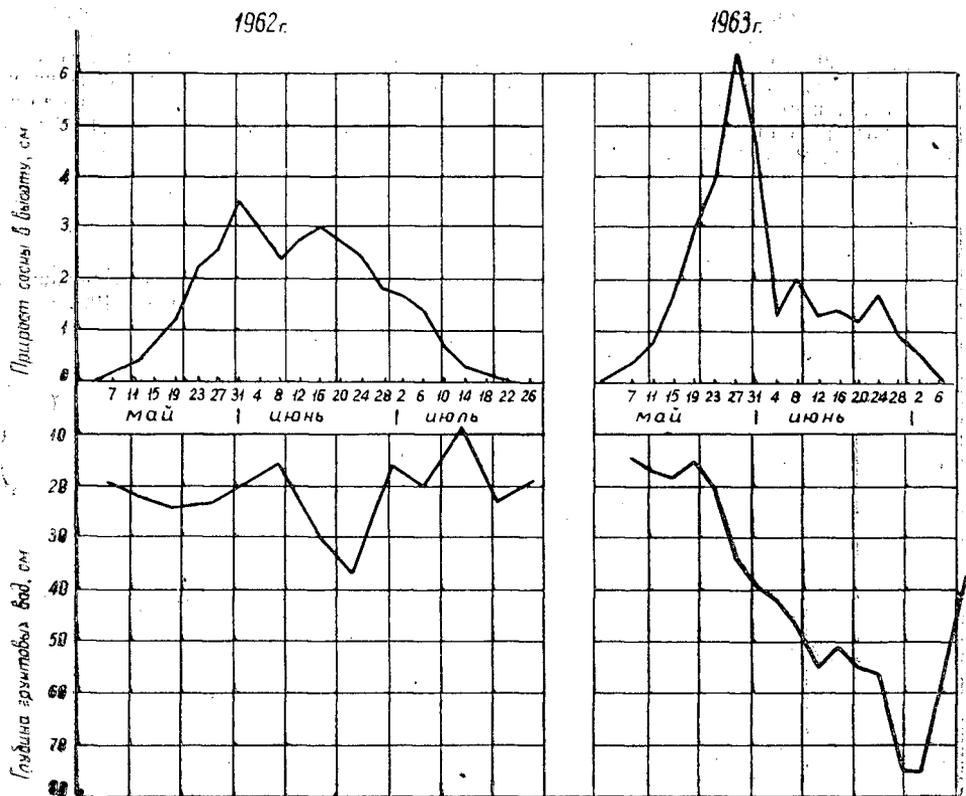


Рис. 1. Ход сезонного прироста сосны в высоту и изменение глубины грунтовых вод в 1962 и 1963 гг.

В начале роста сосны в высоту в 1962 г. понижение грунтовых вод с 6 по 19 мая сопровождалось постепенным увеличением интенсивности прироста. Прирост увеличивался и при повышении грунтовых вод с 24 до 20 см, происходившем с 19 мая по 2 июня. И только более значительное повышение грунтовых вод до 15 см 9 июня совпало с уменьшением интенсивности роста сосны в высоту. Последующее понижение грунтовых вод 17 июня до 30 см сопровождалось увеличением интенсивности прироста, а при дальнейшем понижении прирост начал падать.

Необходимо отметить, что в 1962 г. при одной и той же глубине почвенных вод 9 мая, 2, 10 и 29 июня, 7 и 19 июля прирост сосны был различным. Такая же картина наблюдалась и в 1963 г.

Следовательно, интенсивность роста сосны в течение вегетационного периода зависит не только от изменения глубины стояния грунтовых вод (до известных пределов), но и от биологической особенности сосны — способности увеличивать интенсивность роста в начале и постепенно уменьшать к концу вегетационного периода (рост сосны в любых условиях прежде всего подчиняется закономерности, установленной Ю. Саксом).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. О. А. Алекин. Химический анализ вод суши. Гидрометеониздат, Л., 1954.  
[2]. А. В. Веретенников. Строение и работа корневой системы сосны в связи с временным избыточным увлажнением почвы. Труды ЛТА, вып. 82, ч. 1, Л., 1957.  
[3]. С. З. Вомперский. Влияние осушения и качества торфа на рост молодняков сосны искусственного и естественного происхождения. Диссертация, Л., 1955.  
[4]. М. Н. Латышева. К вопросу о динамике содержания кислорода в грунтовых водах. Проблема советского почвоведения, сб. 3, 1936. [5]. А. Я. Орлов. Влияние недостатка кислорода в воде на рост корней сосны, ели и березы. Сб. «Физиология древесных растений», изд. АН СССР, М., 1962. [6]. Н. И. Пьявченко, Е. Д. Сабо. Основы гидролесомелиорации. Гослесбумиздат, 1962.

Поступила в редакцию  
11 июня 1964 г.

## КУЛЬТУРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ ЯПОНСКОЙ (*Larix leptolepis* Cord.) В ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**М. Т. ГОНЧАР**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

**С. Н. КОРЫСТИН**

Старший преподаватель

(Львовский сельскохозяйственный институт)

В ряде лесничеств, парков и садов Львовской области в культуре встречается лиственница японская как в чистых, так и смешанных насаждениях или в виде отдельных групп. Лиственница японская является еще мало изученным, но в определенных условиях перспективным экзотом.

Объектами исследований служили 25—30-летние лесные культуры лиственницы японской в смеси с дубом обыкновенным, ольхой черной и елью обыкновенной в квартале 42 Толщевского лесничества, а также опытные посадки в дендроучастке Винниковского лесничества (квартал 20) Львовского лесхоззага, основанном проф. Львовской высшей лесной школы С. Соколовским в 1898 г. [5]. Оба лесничества расположены в пределах Львовско-Бережанского плато [1].

Квартал 42 Толщевского лесничества характеризуется спокойно-волнистым рельефом; почвы — темно-серые оподзоленные суглинки, свежие и влажные, относительно дренированные. Преобладающий тип леса — влажная грабовая дубрава (Д<sub>3</sub>).

Для исследования лесных культур здесь было заложено шесть пробных площадей размером 0,24—0,27 га, срублено 14 модельных деревьев.

Пробная площадь № 1 (0,25 га) расположена на небольшом склоне (1—3°) северной экспозиции; почва — темно-серый оподзоленный суглинок; тип леса — свежая грабовая дубрава Д<sub>2</sub>.

Лесоводственно-таксационные данные и динамика таксационных показателей за пять лет видны из табл. 1.

В 25-летнем возрасте средний прирост стволовой древесины лишь на 10,5% ниже среднего прироста чистых культур лиственницы европейской 1б класса бонитета; текущий прирост на 11% выше, чем у лиственницы европейской 1в класса бонитета и на 33% больше, чем у ели карпатской 1а класса (для сравнения использованы таблицы К. Е. Никитина и Г. А. Ходота [3]). Увеличение объемов стволов у лиственницы японской идет значительно энергичнее, чем у дуба и ольхи черной.

Пробные площади № 2, 3 и 4 (табл. 2) заложены во влажной грабовой дубраве (Д<sub>3</sub>) на незначительных склонах (1—3°) различных экспозиций.

Таблица 1

Породы	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Сумма площадей поперечных сечений, м <sup>2</sup> /га	Полнота	Запас насаждения, м <sup>3</sup> /га	Распределение запаса по породам, %	Число деревьев на 1 га, шт	На предельные числа деревьев по породам, %
Лиственница японская	20	15,6	18,4	Ів	12,6	0,47	95	61	472	6
Дуб обыкновенный	25	19,0	22,7	Ів	19,0	0,62	180	67	468	32
Ольха черная	22	10,5	9,5	І	7,1	0,40	40	26	996	56
	27	13,7	12,0	І	9,3	0,44	70	26	820	55
	23	11,5	11,3	Іа	3,2	0,19	20	13	316	18
	28	14,5	13,4	Іа	2,8	0,14	20	7	200	13
Итого						1,06	155	100	1784	100
						1,20	270	100	1488	100

Примечание. В числителе — данные перечета 1957 г., в знаменателе — 1962 г.

Таблица 2

№ пробных площадей	Породы	Возраст, лет	Средняя высота	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Сумма площадей сечений на 1 га, м <sup>2</sup>	Полнота	Запас насаждения, м <sup>3</sup> /га	Распределение запаса по породам, %	Число деревьев на 1 га, шт.	Распределение числа деревьев по породам, %
2	Лиственница	25	19,5	25,0	Ів	11,6	0,376	110	63	238	18
	Дуб	27	14,2	10,9	І	7,1	0,370	50	28	776	60
	Ольха	28	13,7	14,0	Іа	2,0	0,080	5	3	58	5
	Ель	Разновозрастная	11,0	10,3	І	1,0	0,045	10	6	225	7
Итого						21,7	0,851	175	100	1297	100
3	Лиственница	25	19,5	24,1	Ів	8,9	0,287	80	43	196	14
	Дуб	27	12,0	10,7	І	3,7	0,19	25	13	401	30
	Ольха	28	15,0	14,0	Іа	10,8	0,500	80	43	679	50
	Ель	Разновозрастная	8,0	8,5	І	0,5	0,020	2	1	83	6
Итого						23,0	0,997	187	100	1359	100
4	Лиственница	25	19,5	23,9	Ів	11,8	0,380	110	54	241	17
	Дуб	27	13,0	10,1	І	5,0	0,256	30	15	600	42
	Ольха	28	15,7	14,0	Іа	9,1	0,415	65	31	574	41
Итого						25,9	1,051	205	100	1415	100

Сравнение показателей всех четырех площадей позволяет говорить о том, что лиственница японская, хорошо уживаясь с дубом обыкновенным и ольхой черной, уже в 25-летнем возрасте достигает больших размеров, ее производительность характеризуется Ів—Ів классами бонитета. Представляет интерес то обстоятельство, что таксационные показатели средних моделей отдельных пород на пробных площадях, независимо от состава насаждений, примерно одинаковы, что видно из табл. 3. Объем стволов средних моделей лиственницы японской в 4 раза больше, чем у дуба и ольхи черной. Абсолютный прирост выше, чем у дуба и ольхи: по высоте — на одну треть, а по диаметру — в два раза. Приводим данные пробной площади № 5 (0,24 га), заложенной в аналогичных условиях местопроизрастания (Д<sub>3</sub>) в насаждении без лиственницы японской (табл. 4).

Таблица 3

№ пробных площадей	Породы	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Объем, м³		Процент коры	Коэффициент формы, g²		Видовое число f в коре	Абсолютный прирост	
				в коре	без коры		в коре	без коры		по высоте, м	по диаметру, см
1	Лиственница	19,1	23,0	0,386	0,333	13,9	0,69	0,69	0,486	0,77	1,11
	Дуб	14,3	12,1	0,081	0,069	14,5	0,71	0,70	0,493	0,51	0,43
	Ольха	14	13,5	0,092	0,076	17,1	0,62	0,64	0,452	0,49	0,52
2, 3, 4	Лиственница	19,5	23,0	0,380	0,329	13,4	0,72	0,71	0,486	0,75	1,06
	Дуб	14,1	10,9	0,064	0,055	15,8	0,71	0,70	0,491	0,50	0,44
	Ольха	14,5	13,2	0,093	0,077	16,9	0,63	0,63	0,464	0,50	0,58

Таблица 4

Породы	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Сумма площадей поперечных сечений стволов на 1 га, м²	Полнота	Запас насаждения, м³/га	Распределение запаса по породам, %	Число деревьев на 1 га, шт.	Распределение числа деревьев по породам, %
Дуб	27	13,2	11,3	I	7,6	0,30	55	28	7,8	45
Ольха	28	15,3	16,1	Ia	9,9	0,38	70	39	483	30
Ель	Разновозрастная	12,8	13,0	I	4,7	0,18	30	17	275	17
Береза бородавчатая	30—35	18,4	23,8	I	2,0	0,08	20	11	46	2
Ива козья	25—30	12,0	13,2	II	1,5	0,06	10	5	100	6
Итого					25,7	1,00	180	100	1632	100

Продуктивность этого насаждения на 20—30 % ниже, чем у ранее описанных с участием лиственницы японской, хотя общее количество деревьев в нем значительно больше.

Данные показывают, что дуб в насаждениях с лиственницей японской и без нее имеет практически одинаковые высоту и диаметр. Таким образом, в этих условиях лиственница японская не оказывает отрицательного влияния на дуб. Ольха черная по сравнению с дубом имеет несколько большие высоту и диаметр, но в общем ее состояние во всех описанных случаях, в том числе и без лиственницы японской, нельзя назвать хорошим. Это, очевидно, связано с тем, что условия местопроизрастания (Д<sub>3</sub>) для нее не являются оптимальными.

Интересно сравнение продуктивности исследуемых культур и расположенного вблизи и находящегося в одинаковых условиях произрастания насаждения ели, имеющей возраст 31 год, с единичной примесью дуба и березы 30—50 лет, состав насаждения — 8,7Е 0,8Б 0,5Д, полнота 0,74.

Насаждения с участием лиственницы японской по сравнению с еловыми характеризуются значительно более высокими показателями. Так, если средняя высота лиственницы 19,4 м, то у ели она равна лишь 13,3 м, соответственно средний диаметр 24,0 см и 14,6 см, запас ствольной древесины на 1 га 210 и 136 м³ (данные приведены к 25-летнему

возрасту). Средний прирост по высоте у лиственницы составляет 1,0 м, у ели — 0,58 м, по диаметру соответственно 1,29 и 1,08 см. Объем среднего дерева лиственницы в 3,3 раза больше, чем у ели.

Лиственница японская до 25—30 лет по диаметру и высоте растет быстрее, чем европейская. К 60 годам первая уступает по росту, но характеризуется несколько более прямыми и полндревесными стволами, в густом стоянии хорошо очищающимися от сучьев (в разреженном стоянии суковата) и к этому возрасту обеспечивает высокий выход длинномерных материалов, по качеству стволов образует насаждения I класса товарности.

Лиственницу японскую целесообразно культивировать на относительно богатых супесчаных и суглинистых почвах, лучше всего в свежих [4], но возможно и во влажных [2] субориях ( $B_2B_3$ ), сугрудках ( $C_2C_3$ ) и гудах ( $D_2D_3$ ).

Из приведенных материалов видно, что в условиях Львовской области лиственница японская является высокопродуктивной быстрорастущей породой. В 25—30-летнем возрасте она дает до 300 м<sup>3</sup> ценной строительной древесины и заслуживает более широкого внедрения в лесные культуры, при реконструкции расстроенных и малоценных насаждений, а также в зеленом строительстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. М. Горшенин, С. В. Шевченко. Лесорастительные районы западных областей УССР. Научные записки Львовского сельскохозяйственного института, т. IV, изд-во Львовского государственного университета, 1954. [2]. В. С. Пешко. Культуры лиственницы японской (*Larix leptolepis*) в Романовском лесхозе Львовской области. Научные труды Львовского лесотехнического института, т. IV, изд-во Львовского университета, 1959. [3]. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Держлісгоспвидав УРСР, Київ, 1958. [4]. Ф. Л. Щепотьев, Ф. А. Павленко. Быстрорастущие древесные породы. М., 1962. [5]. S. Socolowski. Ogród doświadczalny lwowskiej wyższej szkoły lasowej w Winnikach w roku 1913, Sylwan Nr. 8, i. 9, Rocznik XXXI, Lwów, 1913.

Поступила в редакцию  
13 декабря 1963 г.

## ИНЪЕКЦИЯ БУТИЛОВОГО ЭФИРА 2,4-Д — ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ВОЗОБНОВЛЕНИЕМ ОСИНЫ

**А. М. ИЛЬИН**

Инженер

(Воронежский сельскохозяйственный институт)

Одним из методов борьбы с возобновлением осины, с давних пор привлекавших к себе особое внимание лесоводов, является кольцевание. За последние десятилетия начали также применять химические вещества, которые вводят различными методами в стволы растущих деревьев. Этот вопрос широко освещается в отечественной и зарубежной литературе.

28 июня 1961 г. в квартале 36 Правобережного лесничества институтского учебно-опытного лесхоза были поставлены опыты по выявлению эффективности методов инъекции раствора бутилового эфира 2,4-Д на дизельном топливе в стволы осины.

В насаждении состава 9Ос1Д, возраста 35 лет, имеющего средний диаметр 16 см, полноту 0,8 (890 стволов осины на 1 га), II класса бонитета, был заложен опытный участок площадью 0,4 га (80×50 м), разбитый на 8 равных секций (25×20 м). На секциях 1 и 2 проводили инъекцию в просверленные отверстия соответственно 10%-ного и 5%-ного раствора. Отверстия сверлили на высоте 0,5—0,7 м от основания ствола, диаметром 11 мм и глубиной 7—9 см, в правой стороне радиуса ствола с небольшим наклоном внутрь. На секции 3 делали инъекцию 10%-ного и на секции 4—5%-ного раствора в круговые (кольцевые) зарубки, которые наносили топором глубиной 0,5 см (без коры) на высоте 60—80 см от основания ствола. На секции 5 была сделана инъекция 10%-ного и на секции 6—5%-ного раствора в прерывистую зарубку (не сплошное кольцо) на ту же глубину. На секции 7 проводили инъекцию (методом сверления) 10%-ного раствора в четвертую часть стволов, равномерно расположенных на площади, предполагая выяснить способность бутилового эфира 2,4-Д проникать через сросшиеся корневые системы в необработанные деревья. Инъекцию на секциях с зарубкой и сверлением проводили с помощью масленки. На секции 8 основания деревьев смачивали 10%-ным раствором при помощи ранцевого опрыскивателя на высоту 20—25 см от шейки корня без механического повреждения ствола и оголения корневых лап от подстилки.

Последующие учеты показали, что повреждение осины начинается с побурения и усыхания листвы, первоначально на нижних ветвях кроны, затем на верхних. При учетах деревья делили на две категории по поврежденности: к первой относили деревья с усохшей нижней частью кроны; к второй — с кроной, усохшей полностью. Такое разделение дало

возможность проследить динамику усыхания деревьев осины по каждой секции, что показано в табл. 1.

Таблица 1

Учеты	Время после обработки	Категории поврежденности	Процент поврежденных деревьев на секциях							
			1	2	3	4	5	6	8	
22/VIII-1961 г.	54 дня	1	20	12	11	40	28	49	33	
		2	7	4	89	60	72	51	10	
25/VI 1962 г.	1 год	1	23	12	—	25	20	36	63	
		2	7	4	100	75	80	64	37	
26 VI 1963 г.	2 года	1	—	—	—	—	—	—	31	
		2	7	4	100	100	100	100	69	

Данные таблицы показывают, что наиболее интенсивное усыхание деревьев наблюдается на секции 3, где через год полностью погибли все деревья. Плохие результаты на секциях 1 и 2, где через два года деревья первой категории оправились и имели листву по всей кроне. Данные учета на 25 июня 1962 г. продержались неизменными до конца вегетационного периода. Интенсивность усыхания деревьев находится в прямой связи с диаметром, что наглядно показывает табл. 2.

Таблица 2

№ секций	Количество деревьев на секции		Процент поврежденных деревьев в зависимости от диаметра и категории поврежденности деревьев			
	D до 15 см	D более 15 см	D до 15 см		D более 15 см	
			1	2	1	2
1	13	17	46	15	—	—
2	5	23	60	20	—	—
3	18	28	—	100	39	61
4	14	26	—	100	62	38
5	29	22	—	100	64	36
6	43	16	30	70	100	—
8	32	23	60	16	—	—

Из таблицы видно, что деревья с меньшим диаметром усыхают быстрее. При последнем учете было замечено, что у деревьев, усохших в первый год после инъекции и простоявших до 26 июня 1963 г., кроны были разрушены, образовалась стволовая гниль, а некоторые стволы (меньших диаметров) упали в результате излома на месте зарубок древесины. В связи с этим определение наиболее эффективного метода инъекции будет базироваться на данных учета 25 июня 1962 г.

К концу мая 1962 г. на всех секциях появились отпрыски осины. Особенно много их было на секциях 3, 4, 5, 6 и 8, где по данным учетных площадок насчитывали в среднем до 30 тыс. на 1 га. Но к середине июня верхинки отпрысков начали чернеть, листья стали покрываться бурными пятнами и усыхать. К 25 июня все отпрыски на секции 3 усохли. Большинство отпрысков погибло и на остальных секциях, но неусохшие продолжали развиваться и частично остались до последнего учета (26 июня 1963 г.). Появления вторичных вредителей на усыхающей и усохшей осине мы не наблюдали.

Прямые затраты на обработку 1 га (890 деревьев) на секции 1 составили 5 р. 17 к., на секции 3—8 р. 97к., 5—5 р. 07 к., 8—9 р. 15 к.

Наиболее экономичны методы прерывистой зарубки и сверления, но они не эффективны. Метод круговой зарубки по результатам оказался самым эффективным.

Для того чтобы узнать, не теряет ли своих качеств древесина осины, обработанной 10%-ным раствором бутилового эфира 2,4-Д на ди-

зельном топливе и простоявшей на корню 14 месяцев после обработки, были испытаны и сопоставлены с контролем ее механические свойства. Образцы брали из секции 3 от пяти обработанных и пяти контрольных деревьев одинакового диаметра, произрастающих в одинаковых условиях, из нижней, средней и верхней частей ствола (ГОСТ 6336—52). Данные обрабатывали методом вариационной статистики\*. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Виды испытаний	Обработанная				Контрольная				$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$	$3 + \frac{6}{n-4}$
	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %		
Предел прочности при сжатии вдоль волокон	350	18,0	27	4,6	340	15,0	23	4,4	1,4	3,27
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в тангентальной плоскости	68	3,2	31	4,7	70	2,8	24	4,0	0,2	3,13
Предел прочности при скалывании вдоль волокон в радиальной плоскости	58	2,4	28	4,1	61	2,8	31	4,6	0,8	3,14
Твердость торцовая	235	7,6	21	3,2	230	8,4	22	3,7	0,5	3,16
тангентальная	195	10,0	36	5,1	180	8,1	33	4,5	1,2	3,12
радиальная	205	8,4	29	4,1	200	9,6	35	4,8	0,4	3,12
Предел прочности при статическом изгибе	580	,0	8	1,0	600	5,0	8	1,0	3,0	3,10

Как видно из табл. 3, показатели механических испытаний обработанной и контрольной осины не имеют достоверных различий.

Таким образом древесина осины, обработанной методом круговой зарубки 10%-ным раствором бутилового эфира 2,4-Д на дизельном топливе и простоявшей на корню 14 месяцев (из них 12 — в сухом состоянии), не потеряла механических качеств.

В июне 1962 г. лучший вариант опыта (инъекция в круговые зарубки 10%-ного раствора бутилового эфира 2,4-Д на дизельном топливе) был проверен в производственных условиях. В среднем на каждое дерево расходовали 30 мл раствора. На инъекцию 350 деревьев было затрачено 7 чел.-час; прямые затраты на 1 га составили 3р. 63 к.

В конце мая 1963 г. на площади, где проводили инъекции, появились отпрыски в количестве 8300 шт. на 1 га. При учете отпрысков 15 июня выявлено начало их массового усыхания. Одновременно определяли интенсивность освещения люксметром на опытной площади и в контроле. В первом случае она составила 4570 лк, а во втором — 810 лк, то есть почти в 8 раз меньше. В том и другом случае показаны средние из 10 повторностей. Несмотря на большую освещенность, появившиеся отпрыски усыхали, а новые не появлялись. Уже в июле на всей опытной площади инъекции не было обнаружено ни одного живого отпрыска.

\* А. В. Тюрин, Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. Гослесбуиздат, М.—Л., 1961 г.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЕСКОВ АРЧЕДИНСКОГО ЛЕСХОЗА

**А. И. ПРЯХИН**

Доцент, кандидат геолого-минералогических наук  
(Московский государственный университет)

В настоящей статье содержатся новые данные по геоморфологии, грунтовым водам и водным свойствам песков, изученным в 1960 г. на территории Арчединского производственно-показательного лесхоза Волгоградской области.

Исследованный участок расположен в основном в пределах левого бережья р. Арчеды. У поверхности здесь повсеместно залегают рыхлые отложения, представленные преимущественно аллювиальными песками разных отделов четвертичной системы. На смежных площадях под четвертичными отложениями глубокими буровыми скважинами вскрыты: третичные пески с прослойками песчаников и разноцветных глин; верхне- и нижнемеловые мергели и песчаники; юрские глины и пески; каменноугольные известняки с прослойками мергелей и глин; девонские известняки, переслаивающиеся с глинами, песчаниками, мергелями и аргиллитами.

Самым молодым элементом рельефа, с благоприятными почвенными и гидрогеологическими условиями, является пойма Арчеды высотой до 2—3 м над меженью реки. Ширина поймы составляет обычно 0,5—0,8 км. Ее поверхность густо заселена широколиственными древесными породами.

Вторым геоморфологическим элементом изученной территории является первая надпойменная терраса р. Арчеды с относительной высотой 5—8 м и шириной до 1 км. Поверхность террасы обычно ровная и сплошь покрыта взрослым широколиственным лесом, значительно реже она открыта и всхолмлена песками, навеянными со второй террасы. От поймы и второй террасы ее отделяют четко выраженные уступы высотой 2—3 и 5—6 м.

Наибольший практический интерес для лесохозяйственного освоения представляет сейчас широкая (5—7 км) вторая надпойменная терраса. Именно здесь сосредоточены обширные, фактически пустующие песчаные пространства. Надо полагать, что первоначально ровная поверхность этой и более древних надпойменных террас подверглась впоследствии интенсивной ветровой переработке и осложнена теперь эоловыми формами рельефа, в целом мало пригодными для лесопосадок. В то же время детальный анализ современного микрорельефа песчаных массивов свидетельствует о возможности их дифференциации и выявления площадей с более благоприятными почвенными и гидрогео-

логическими условиями. Проведенные нами, совместно с инженером А. Г. Дубровиным и гидрогеологом Н. В. Хмелевской, геоморфологическое картирование, изучение и инструментальная привязка главнейших форм микрорельефа позволяют выделить на территории второй террасы пять категорий участков, находящихся в различных условиях, а следовательно и неравноценных по возможностям их лесохозяйственного освоения. Первую, вторую и третью категории составляют положительные формы микрорельефа, обязанные своим происхождением эоловым процессам. Это неправильно ориентированные и всхолмленные участки, сосредоточенные у приречного (внешнего) края террасы. Здесь весьма четко выделяются крупные и высокие (7—10 м) и интенсивно развеваемые бугры с крутыми склонами, поросшими можжевельником. Сложены они желтовато-палевыми мелкозернистыми кварцевыми песками с пористостью 33—35%, высотой капиллярного поднятия всего 12 см и коэффициентом фильтрации до 8 м/сутки. По своим гидрогеологическим и почвенным условиям, а также по возможности применения техники, они в настоящее время непригодны для освоения. В более благоприятных условиях находятся крупные условно «полуразвеваемые» холмы высотой 5—7 м, с пологими склонами, обычно примыкающие к буграм с можжевельником. К ним, в частности, и приурочены кулисы сосны посадки 1910 г. Такие холмы сложены теми же желтовато-палевыми мелкозернистыми кварцевыми песками. Между тем, содержание пылеватых частиц в этих песках относительно более высокое и составляет 0,21—0,53 % (против 0,11—0,45%). Это увеличивает высоту их капиллярного поднятия до 17—23 мм и снижает значение коэффициента фильтрации до 6 м/сутки.

На площадях распространения интенсивно развеваемых бугров и главным образом в пределах полуразвеваемых холмов оконтуриваются выровненные или слегка всхолмленные участки с закрепленной поверхностью, сложенные условно эоловыми светло-серыми, ожелезненными мелкозернистыми кварцевыми песками. По своим свойствам эти пески практически не отличаются от вышеописанных. Однако вследствие выровненности, сниженности и защищенности такие участки имеют более благоприятные гидрогеологические и почвенные условия и заслуживают первоочередного внимания при проектировании лесопосадок. Кроме эоловых форм микрорельефа, на поверхности второй террасы близ ее внутреннего (удаленного от реки) края сохранились участки, не затронутые эоловыми процессами. Это, во-первых, ровные площадки первоначальной поверхности террасы, сложенные сверху светло-серыми ожелезненными мелкозернистыми кварцевыми песками со значительным содержанием пылеватых частиц и высотой капиллярного поднятия до 31,5 см; во-вторых, старичные ложбины, древние русла и ложбины стока (так называемые «лиманы»), заполненные серыми ожелезненными кварцевыми песками. Обе категории участков, кроме заболоченных, имеют вполне благоприятные условия для произрастания леса. Копанными колодцами у кордона Молочный зеркало грунтовых вод в аллювии второй террасы вскрыто на глубинах 1,5 и 2,5 м; в старичной ложбине в 1,5—2 км севернее Молочного их поверхность залегает на глубине 0,97 м, а у приречного края террасы близ Трехкордонного лесничества скважинами среди эоловых бугров воды обнаружены в 3—4,5 м. Снижение поверхности грунтового потока к р. Арчеде в песках террасы составляет, таким образом, около 10 м на 5 км расстояния. Проведенные в колодцах у кордона Молочный краткосрочные режимные наблюдения показывают, что грунтовые воды этого участка имеют стабильный температурный режим и тесно связаны с количеством атмо-

сферных осадков. На химизм вод, по-видимому, оказывают влияние местные физико-географические условия и процессы, происходящие в почвенном горизонте. Так, при довольно однотипном составе основных ионов их количественное содержание в течение лета все-таки заметно изменяется. В водах обоих колодцев к концу лета несколько возрастает содержание ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и уменьшается количество кальция и особенно натрия. В то же время содержание иона  $\text{SO}_4^{2-}$  сократилось в северном колодце и возросло в южном. Общая минерализация вод менее 1 г/л. Она повышается в июле и уменьшается почти вдвое с наступлением дождливого периода. По величине рН воды слабощелочные.

Непосредственно к югу от кордона Молочный над поверхностью второй террасы прослеживается уступ высотой 10—15 м более древней — третьей надпойменной террасы. Близ уступа поверхность террасы также осложнена крупными навесными полузадернованными буграми, сложенными светло-серыми ожелезненными мелкозернистыми кварцевыми песками. Среди бугров располагаются обширные (до  $250 \times 100$  м) выровненные участки, образовавшиеся в результате длительного воздействия поверхностных вод на существовавшие здесь крупные котловины выдувания. К таким участкам иногда приурочены небольшие водоемы, питающиеся атмосферными и, вероятно, грунтовыми водами. Пески эоловых бугров содержат до 2% пылеватых частиц и имеют небольшой (4 м/сутки) коэффициент фильтрации при высоте капиллярного поднятия до 31,5 см. Лесопосадки на поверхности третьей террасы пока затруднены из-за низкого залегания грунтовых вод.

Поступила в редакцию  
5 июля 1963 г.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЙ ПРИБОР И СПОСОБЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

**В. М. ИВАНЮТА**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук  
(Московский лесотехнический институт)

Универсальный лесотаксационный прибор целесообразно сконструировать таким образом, чтобы его можно было применять при тренировке глазомера в лесоустройстве, при отводе и таксации лесосек на лесозаготовках и при проведении рубок ухода в молодняках.

В 1962 г. мы предприняли первую попытку создать такой прибор на базе обыкновенной мерной вилки: изготовленной из легкого нержавеющей металла в виде складного штангенциркуля (рис. 1), снабженного двумя автоматическими счетчиками и системой прицельных приспособлений, позволяющих одному человеку в разных по характеру насаждениях определять все основные лесотаксационные показатели.

Как известно, одним из наиболее сложных объектов таксации являются молодняки, характерная особенность которых — относительно быстрый рост в высоту. Проанализируем изменение видового числа в зависимости от высоты ствола. В этих целях нанесем на график (рис. 2) средние значения видовых чисел по таблице М. Е. Ткаченко для среднего коэффициента формы  $q_2$ , равного 0,687 (см. правую половину графика). Из курса лесной таксации известно, что у любого ствола, имеющего высоту 2,6 м, видовое число равно 1. Нанесем эту точку на график (см. А на левой половине графика). Ясно, что средние видовые числа в зависимости от высоты изменяются в сторону уменьшения от единицы по какой-то плавной линии. Нанесем на график видовые числа параболоида (пунктирная линия). Эта линия не совпадает с линией средних значений видовых чисел по таблице проф. М. Е. Ткаченко и образует невязку (увеличение видового числа). Разверстав эту невязку путем интерполяции, получим плавную кривую (сплошная линия), характеризующую изменение видовых чисел в зависимости от высоты.

На видовые числа оказывает также влияние ряд других факторов: биологические особенности древесных пород, полнота насаждений, климатические и другие факторы условий местопроизрастания и т. д. Однако в интервале высот от 2,6 до 12 м, как это наглядно видно на графике, решающим фактором, от которого зависит видовое число, является высота, и с этим нельзя не считаться. Вот почему в спелых насаждениях, имеющих высоту более 12 м, для которых кривая видовых чисел идет почти параллельно оси  $x$ , то есть оси высот, не только допустимо, но и более целесообразно применять для всех древесных пород всего лишь одно значение видового числа, равное 0,687<sup>2</sup>, или 0,472, а в молодняках, имеющих высоту менее 12 м, этого делать нельзя.

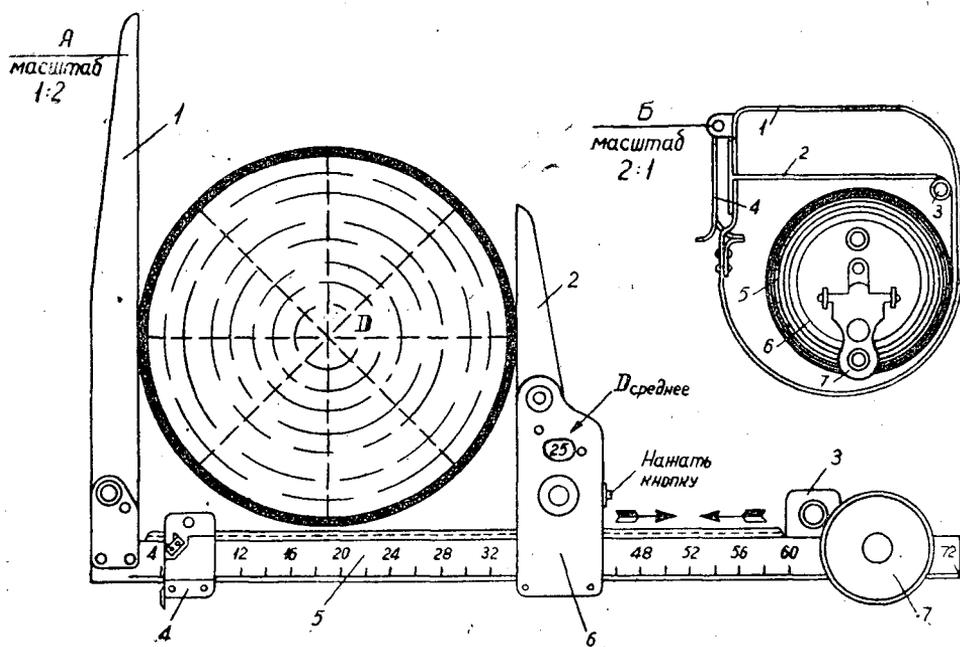


Рис. 1. А — универсальный лесотаксационный прибор;  
Б — лесная рулетка.

1 — откидная неподвижная ножка; 2 — откидная подвижная ножка; 3 — счетчик-регистратор; 4 — передвижная прицельная каретка; 5 — направляющая рейка с зубчатой передачей; 6 — счетчик-вычислитель среднего диаметра насаждения; 7 — логарифмический калькулятор.

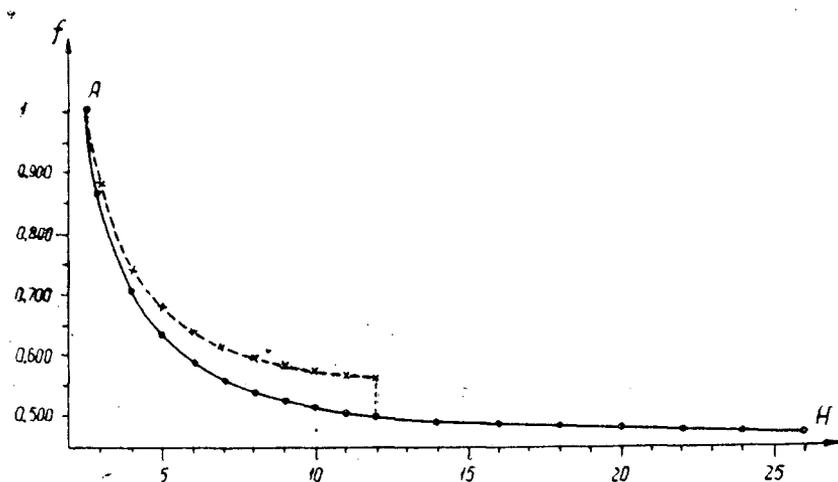


Рис. 2. Изменение средних видовых чисел  
в зависимости от высоты ствола.

Возникает вопрос, каким образом наиболее целесообразно таксировать молодняки при помощи универсального лесотаксационного прибора? Для того чтобы ответить на этот вопрос, из таблиц хода роста и таблиц элементов леса независимо от древесной породы, класса бонитета и возраста мы выбрали все значения средних диаметров и средних высот насаждения. Эти данные мы нанесли на график, и образовавшийся веер точек разделили на пять полос. Снимая с графика значения вы-

сот с округлением до 0,5 м, мы составили табл. 1, которая служит для определения разряда средней высоты в молодняках. В древостоях диаметра до 18 см произведен пересчет по двухсантиметровым ступеням толщины, диаметра 20 см и более — по четырехсантиметровым ступеням. При помощи этой таблицы можно определять запас.

Таблица 1

Средний диаметр насаждения, см	Средние высоты молодняков (м) и объемы 1000 стволов (м <sup>3</sup> ) по разрядам средней высоты				
	I	II	III	IV	V
2	<u>5,5—4,5</u> 1	<u>4,5—3,5</u> 1	<u>3,5—2,5</u> 1	<u>2,5—1,5</u> —	<u>1,5—1,0</u> —
3	<u>6,0—5,0</u> 2	<u>5,0—4,0</u> 2	<u>4,0—3,0</u> 2	<u>3,0—2,0</u> —	<u>2,0—1,5</u> —
4	<u>7,0—5,5</u> 5	<u>5,5—4,5</u> 4	<u>4,5—3,5</u> 4	<u>3,5—2,5</u> 3	<u>2,5—2,0</u> —
5	<u>8,0—6,5</u> 8	<u>6,5—5,5</u> 7	<u>5,5—4,5</u> 6	<u>4,5—3,5</u> 5	<u>3,5—2,5</u> 5
6	<u>9,0—7,5</u> 12	<u>7,5—6,0</u> 11	<u>6,0—5,0</u> 9	<u>5,0—4,0</u> 8	<u>4,0—3,0</u> 7
7	<u>10,0—8,5</u> 18	<u>8,5—6,5</u> 16	<u>6,5—5,5</u> 14	<u>5,5—4,5</u> 12	<u>4,5—3,5</u> 11
8	<u>11,0—9,0</u> 25	<u>9,0—7,0</u> 22	<u>7,0—6,0</u> 19	<u>6,0—5,0</u> 17	<u>5,0—4,0</u> 15
9	<u>12,0—10,0</u> 35	<u>10,0—8,0</u> 29	<u>8,0—6,5</u> 25	<u>6,5—5,5</u> 22	<u>5,5—4,5</u> 19
10	<u>13,0—11,0</u> 47	<u>11,0—9,0</u> 40	<u>9,0—7,0</u> 34	<u>7,0—6,0</u> 29	<u>6,0—5,0</u> 26
12	<u>15,0—12,0</u> 75	<u>12,0—10,0</u> 63	<u>10,0—8,0</u> 53	<u>8,0—7,0</u> 46	<u>7,0—6,0</u> 42
14	<u>17,0—14,0</u> 116	<u>14,0—11,0</u> 96	<u>11,0—9,0</u> 79	<u>9,0—8,0</u> 70	<u>8,0—7,0</u> 63
16	<u>19,0—15,0</u> 170	<u>15,0—13,0</u> 140	<u>13,0—11,0</u> 120	<u>11,0—9,0</u> 100	<u>9,0—8,0</u> 91
18	<u>21,0—17,0</u> 230	<u>17,0—14,0</u> 190	<u>14,0—12,0</u> 160	<u>12,0—10,0</u> 140	<u>10,0—9,0</u> 120
20	<u>22,0—18,0</u> 300	<u>18,0—15,0</u> 250	<u>15,0—13,0</u> 220	<u>13,0—11,0</u> 190	<u>11,0—9,0</u> 160
22	<u>24,0—19,0</u> 390	<u>19,0—16,0</u> 320	<u>16,0—14,0</u> 280	<u>14,0—12,0</u> 240	<u>12,0—10,0</u> 210
24	<u>25,0—21,0</u> 490	<u>21,0—18,0</u> 420	<u>18,0—15,0</u> 360	<u>15,0—13,0</u> 310	<u>13,0—11,0</u> 270

Примечание. В числителе — средние высоты; в знаменателе — объемы 1000 стволов.

Средний диаметр (как средний арифметический, так и средний квадратический) определяют\* при помощи универсального лесотаксацион-

\* Технология определения описана подробно в другой нашей статье «Прибор для механического определения среднего диаметра насаждения», ИВУЗ, «Лесной журнал», № 4, 1960.

ного прибора, автоматическим путем с округлением до 1 см. В молодняках более целесообразно измерять не средние деревья, а самые толстые, и по редукационным числам находить то среднее дерево, которое можно было бы использовать в качестве средней модели.

Среднюю высоту и число стволов на 1 га при помощи универсального лесотаксационного прибора определяют следующим образом (рис. 3 и 4).

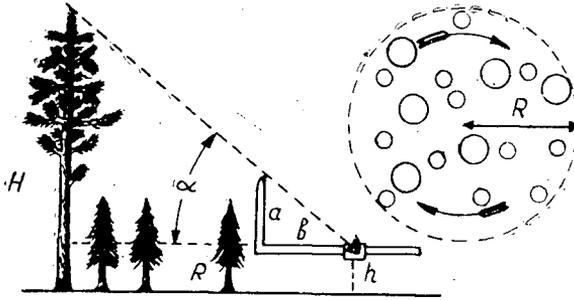


Рис. 3. Схема измерения высоты и подсчета числа деревьев в насаждении.

Остановившись на расстоянии  $R$  от среднего дерева, устанавливают прибор по схеме, изображенной на рис. 3. На основании этой схемы можно записать

$$\frac{H-h}{R} = \frac{a}{b} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Следовательно  $H - h = R \cdot \operatorname{tg} \alpha$ .

По шкале  $\operatorname{tg} \alpha$ , нанесенной на корпусе прибора, находят цифровое значение  $\operatorname{tg} \alpha$  (отдельно для каждого конкретного случая). Допустим, что при  $R$ , равном 20 м, оно составило 1,1. Следовательно,  $H - h$  равняется 22 м и т. д. Поворачиваясь по кругу, при помощи прицельной каретки подсчитывают число деревьев, пересекаемое визиром, направленным вверх. Ясно, что это число, умноженное на 10000 и разделенное на  $\pi R^2$ , определит число деревьев на 1 га. В густых насаждениях, например, в высокополнотных молодняках, число деревьев целесообразней находить по схеме, изображенной на рис. 4.

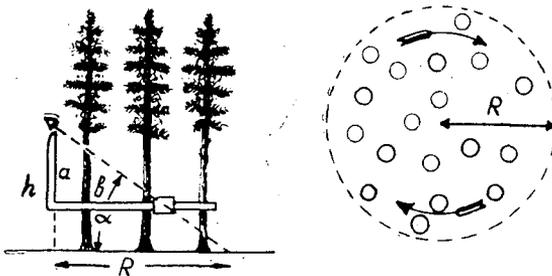


Рис. 4. Схема подсчета числа деревьев в густых насаждениях.

При помощи универсального прибора, пользуясь схемой, изображенной на рис. 5, можно определять сумму площадей сечения по методу Биттерлиха и запас по методу видовых или десятичных пробных площадей [1], [2].

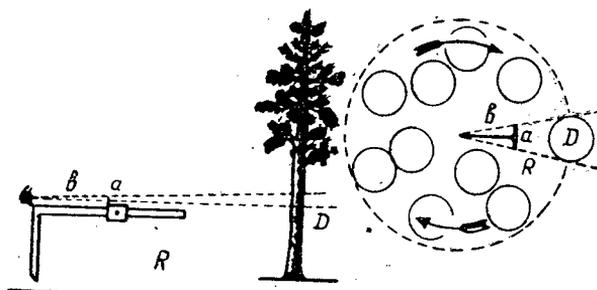


Рис. 5. Схема определения суммы площадей сечений и запаса насаждения.

На основании схемы (рис. 5) можно записать

$$\frac{a}{b} = \frac{D}{R},$$

где  $a$  и  $b$  — параметры прибора;

$D$  — средний диаметр насаждения;

$R$  — радиус расчетной пробной площади.

В зависимости от того, как решается задача, при помощи той же прицельной каретки задают соответствующие вполне определенные значения соотношению параметров прибора  $a$  и  $b$ , что было нами доказано ранее [1], [2]. Так, например, можно задать такое соотношение  $a$  к  $b$ , при котором подсчитанное в круге число деревьев достаточно умножить на 10, чтобы получить запас и т. д.

Зная запас, средний диаметр и класс товарности насаждения, по товарным таблицам определяют выход сортиментов. В насаждениях, расстроенных рубками, для которых товарные таблицы применить нельзя, выход сортиментов определяют по сортиментным таблицам. Для этого, помимо общего запаса, при помощи универсального прибора (как обыкновенной мерной вилкой) делают перемер 200—300 деревьев без отбивки пробных площадей [3] и измеряют высоты у 20—25 деревьев для построения графика высот, по которому находят разряд сортиментных таблиц. Для облегчения расчетов на приборе имеется специальный калькулятор в виде цилиндра, на боковой поверхности которого нанесены подвижные шкалы обыкновенной логарифмической линейки. В комплекте универсального лесотаксационного прибора имеется небольшая лесная рулетка (рис. 1, Б), для упрощенной таксации леса.

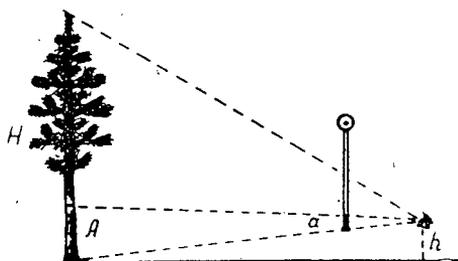


Рис. 6. Схема измерения высоты дерева при помощи лесной рулетки.

Диаметр дерева измеряют тесьмой по окружности, сумму площадей сечения и запас — по схеме, изображенной на рис. 5; а высоту — по схеме, изображенной на рис. 6.

Рулеткой на дереве отмеряют 2 м и чертят мелом горизонтальную линию. Отходят от дерева на произвольное расстояние и по схеме (рис. 6) вписывают четырехсантиметровый отвес  $a$  в двухметровый отрезок на дереве  $A$ . Отсчет на тесьме (по визиру, направленному на вершину дерева) в см делят пополам и получают высоту дерева. В насаждениях, имеющих высоту более 15 м, целесообразно измерять не весь ствол, а лишь нижнюю его половину. Для этого ствол сначала вписывают, например, в отрезок 30 см и через отметку 15 см находят середину ствола, условно принимая ее за вершину дерева. В этом случае отсчет на тесьме делить пополам уже не требуется, он будет равен высоте ствола в м.

Лесную рулетку целесообразно использовать для контроля глазомера при таксации леса по ходовым линиям.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. М. Иванюта. Лесной метр. Журн. «Лесник и объездчик» № 12, 1959.  
[2]. В. М. Иванюта. Простейший прибор для определения запаса насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1962. [3]. В. М. Иванюта. Метод перечислительной таксации леса без отбивки пробных площадей. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1960.

---

Поступила в редакцию  
17 сентября 1963 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЯ,  
ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГО ГРУЗОВУЮ ЛИНИЮ  
ПАКЕТА ХЛЫСТОВ (ДЕРЕВЬЕВ С КРОНОЙ)*Б. И. КУВАЛДИН*

Доцент, кандидат технических наук

(Московский лесотехнический институт)

*З. С. ЦОФИН*

Старший научный сотрудник

(ЦНИИМЭ)

Подвижной состав, применяемый в настоящее время для вывозки леса в хлыстах, имеет ряд недостатков. Большой неиспользованный резерв улучшения технико-экономических показателей и упрощения конструкции лесовозного подвижного состава заключается в использовании транспортных свойств перевозимого груза (пакета хлыстов, деревьев с кроной).

Результаты исследований физико-механических свойств пакета хлыстов и деревьев с кроной [1], [2], [6], [7], [8] в последнее время начали использовать при выполнении научных и конструкторских работ, а также в учебном процессе подготовки инженеров лесотехнического профиля. На практике целесообразно использовать упрощенные способы определения параметров уравнения, характеризующего грузовую линию пакетов хлыстов (деревьев с кроной).

При формировании пакета хлысты располагают комлями в одну сторону или вразнокормлицу. В первом случае ординаты грузовой линии изменяются по длине. Эти изменения находятся в зависимости от длины хлыстов и пакета, коэффициентов формы стволов  $q_2$ , видового числа (коэффициента формы) пакета  $k_{ф.п.}$ , сочетания хлыстов в пакете по их длинам, объема пакета и наличия кроны.

Установлено [5], [7], что интенсивность распределенной нагрузки от собственного веса хлыстов в этом случае можно определять по уравнению [8]

$$q = q_0 - kx^\mu,$$

- где  $q$  — интенсивность распределенной нагрузки от собственного веса хлыстов в произвольном сечении с абсциссой  $x$ ;  
 $q_0$  — интенсивность распределенной нагрузки от собственного веса хлыстов в комлевом сечении;  
 $k$  — коэффициент сбega пакета;  
 $\mu$  — постоянный коэффициент.

Коэффициент уравнения (1) определяют в зависимости от таксационных показателей по следующим формулам:

$$q_0 = q_m + k \cdot 1,3^\mu, \quad (2)$$

$$k = \frac{q_m}{l_d^\mu - 1,3^\mu}, \quad (3)$$

где  $q_m$  — интенсивность распределенной нагрузки от веса хлыстов в сечении, расположенном на расстоянии 1,3 м от комлей.

Коэффициенты  $q_0$ ,  $q_m$ ,  $k$  пропорциональны объему пакета. Интенсивность распределенной нагрузки  $q_m$  в сечении, расположенном на расстоянии 1,3 м от комлей, определяют как произведение суммы площадей сечений отдельных хлыстов и объемного веса древесины пакета.

$$q_m = \Sigma S_m \cdot \gamma_n, \quad (4)$$

где  $S_m$  — площадь поперечного сечения отдельного хлыста на расстоянии 1,3 м от комлей;

$\gamma_n$  — удельный вес древесины.

Коэффициент  $\mu$  определяют методом постепенных приближений по уравнению

$$\frac{(\mu + 1) l_d^\mu - l_n^\mu}{(\mu + 1) (l_d^\mu - 1,3^\mu)} = \frac{V_n}{S_m \cdot l_n} = k_{\text{ф.п}}, \quad (5)$$

где  $l_d$  — наибольшая длина древесного ствола в пакете;

$l_n$  — длина пакета хлыстов (определяется как расстояние от комлей до вершины древесного ствола, имеющего наибольшую длину в пакете);

$V_n$  — объем древесины пакета, м<sup>3</sup>;

$k_{\text{ф.п}}$  — видовое число пакета (коэффициент формы). Его величина не зависит от объема пакета.

Из приведенных формул видно, что коэффициенты уравнения (1) при известном  $\mu$  можно определить через таксационные показатели хлыстов и пакета. Однако нахождение величины  $\mu$  указанным методом требует определенного времени и навыков, что затрудняет практическое использование уравнения (1) и его приложений. В связи с этим мы разработали метод графического решения уравнения (5).

Поскольку величина  $\mu$  находится в зависимости от  $k_{\text{ф.п}}$ , вначале были проведены исследования, в результате которых определены значения  $k_{\text{ф.п}}$  для пакетов хлыстов и деревьев с кроной. На рис. 1 приведен график значений  $k_{\text{ф.п}}$ , полученный по результатам анализа данных таблиц объема сбег [5] и опытным данным испытаний в Оленийском и Крестецком леспромхозах ЦНИИМЭ [6].

По оси абсцисс отложены длины пакетов (в зависимости от величины вершинной части, отпиливаемой при погрузке); по оси ординат — значения видовых чисел древесных стволов и пакетов хлыстов (деревьев с кроной). (Заштрихованная площадь — область значений для пакета хлыстов; незаштрихованная — для пакетов из деревьев с кроной.)

Учитывая большое разнообразие природных условий, мы дали не средние величины  $k_{\text{ф.п}}$ , а область значений, ограниченную пределами, полученными в результате экспериментального и аналитического исследований.

Нижние значения коэффициента формы, приведенные на рис. 1, следует применять в тех случаях, когда в насаждении имеются значитель-

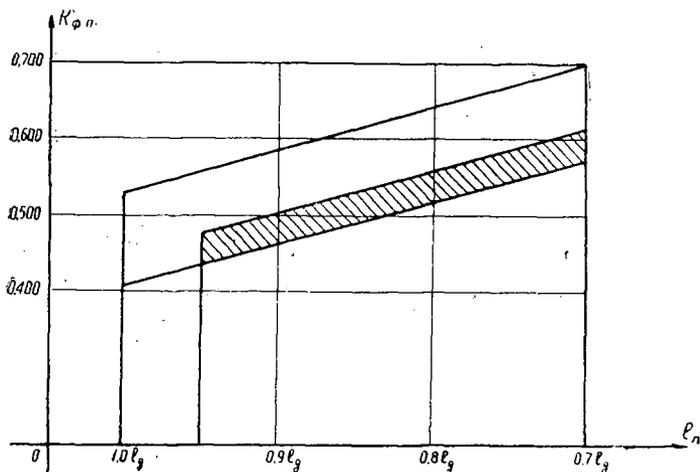


Рис. 1.

ные колебания диаметров и высот древесных стволов (многоярусные насаждения). Если древостой одноярусный, то следует использовать верхние значения  $k_{ф.п.}$

В области величин  $k_{ф.п.}$  для деревьев с кроной нижние значения относятся к случаю, когда сучьев мало (сосновые насаждения). С увеличением количества сучьев значения  $k_{ф.п.}$  повышаются. Верхняя граница соответствует наличию сучьев в размере 9—12% от объема пакета.

Известно [1], [3], [4], [5], что стволы хвойных и лиственных пород, растущих в насаждениях при любых естественно-исторических условиях, подчиняются одному закону: при равных высотах и равных отношениях диаметра на половине высоты дерева к диаметру на высоте груди стволы всех древесных пород имеют близкие видовые числа. Изучая этот же вопрос, А. В. Тюрин [4] пришел к выводу, что форма стволов изменяется в любом насаждении примерно в такой же мере, как и на больших площадях целой страны.

Основываясь на указанных законах, данные по  $k_{ф.п.}$ , приведенные на рис. 1, мы можем рекомендовать для использования в сходных условиях других насаждений и районов СССР. Если для каких-либо насаждений имеются экспериментальные данные, то их целесообразно использовать при определении  $k_{ф.п.}$

Имея зависимость  $k_{ф.п.} = f(l_n)$ , приведенную на рис. 1, можно, задаваясь соотношением  $l_n = \beta l_d$ , где  $\beta$  — доля единицы, подсчитать левые части уравнения (5) при различных значениях  $\mu$  и таким образом получить графики зависимостей  $\mu = F(l_n)$ .

Совокупность таких зависимостей для различных значений  $k_{ф.п.}$  приведена на рис. 2, 3, 4 и 5. По этим графикам в практических условиях легко может быть определено  $\mu$  при известных значениях  $l_n$  и  $k_{ф.п.}$ . На рис. 2, вместо  $k_{ф.п.}$ , против кривых показаны значения видового числа отдельных древесных стволов  $f$ , так как в этом случае рассмотрены пакеты, состоящие из хлыстов одной ступени толщины.

Приведенные графики дают возможность определять  $\mu$  для пакетов длиной от 12 до 36 м в следующих случаях: 1) длина отрезаемой части равна нулю,  $l_n = l_d$  (рис. 2); 2) эта величина составляет 0,1  $l_d$ ;

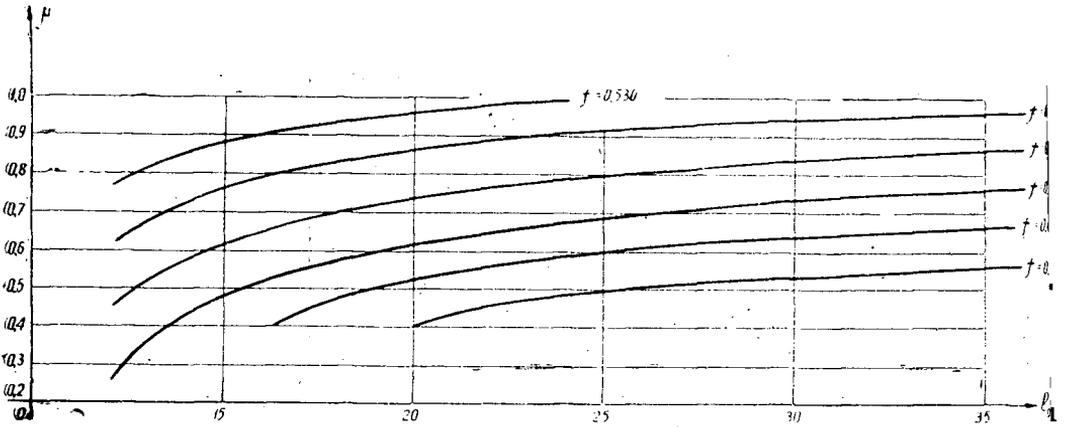


Рис. 2.

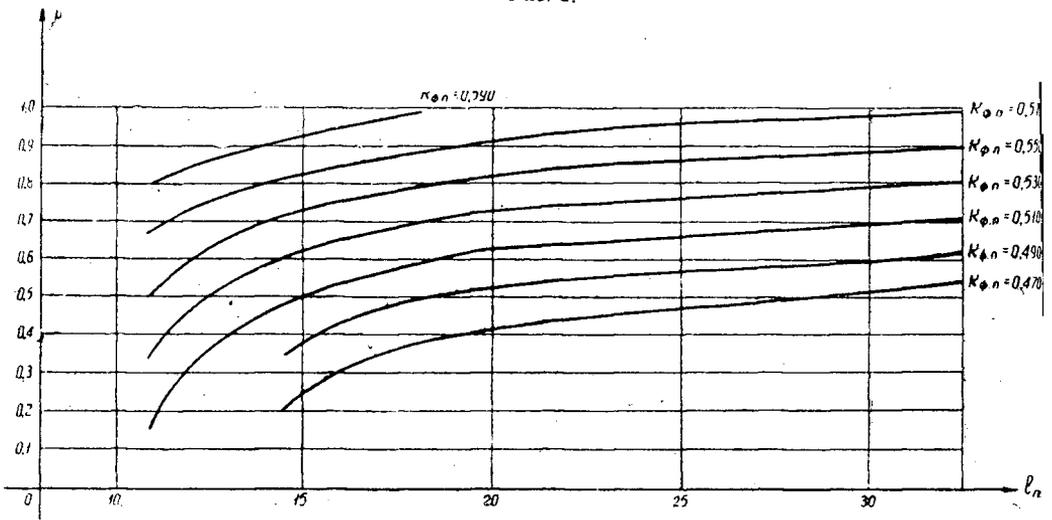


Рис. 3

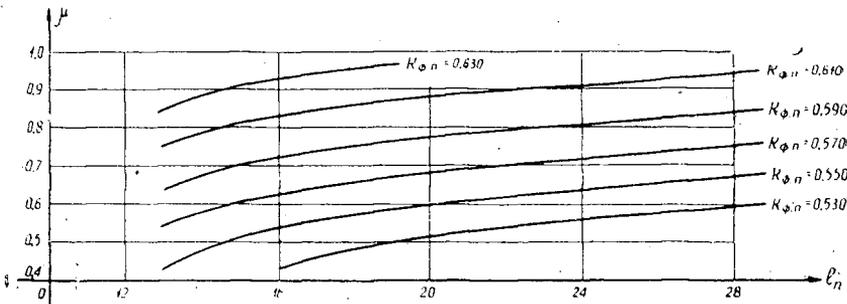


Рис. 4.

$l_n = 0,9 l_d$  (рис. 3); 3) она равна  $0,2 l_d$ ;  $l_n = 0,8 l_d$  (рис. 4); 4) длина отрезаемой части составляет  $0,3 l_d$ ;  $l_n = 0,7 l_d$  (рис. 5).

Эта градация наиболее проста и вполне достаточна для практических расчетов, так как округление длины отрезаемой части до указанных размеров ( $0,1 l_d$ ;  $0,2 l_d$ ;  $0,3 l_d$ ) даст ошибку в ординатах гру-

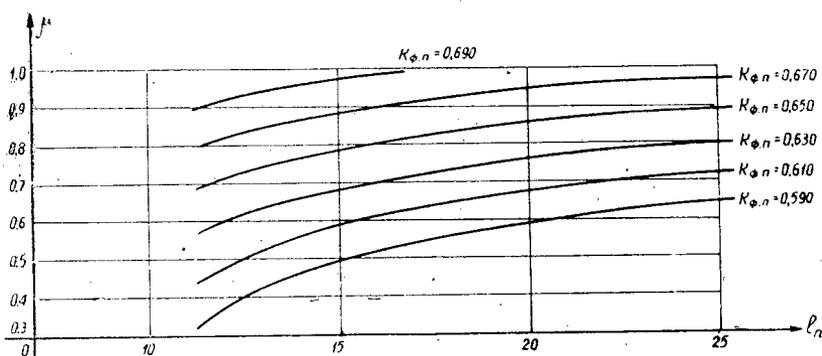


Рис. 5.

зовой линии в пределах 5%. Содержание графиков (рис. 2, 3, 4 и 5) — кривые, дающие зависимость  $\mu$  от длины пакетов при определенных значениях  $k_{ф.п.}$ . Интервал между кривыми по  $k_{ф.п.}$  составляет 0,020. Изменение  $\mu$  в этом интервале прямолинейное, что позволяет определять методом интерполяции значения  $\mu$  для разных  $k_{ф.п.}$

После того, как по графику (рис. 1) установлена величина  $k_{ф.п.}$ , определяем, каким из указанных четырех графиков, построенных для определения  $\mu$ , надо пользоваться. Для выбора рекомендуем следующие данные: при  $l_n = (1,00 \div 0,95) l_d$  — график, приводимый на рис. 2; при  $l_n = (0,95 \div 0,85) l_d$  — график (рис. 3); при  $l_n = (0,85 \div 0,65) l_d$  — график (рис. 4); при  $l_n = (0,75 \div 0,65) l_d$  — график (рис. 5). После этого по графику определяем  $\mu$ . Приведем пример.

Имеем  $l_n = 0,91 l_d = 21$  м;  $k_{ф.п.} = 0,514$ . Для этого случая в соответствии с приведенными выше данными определение будем вести по рис. 3. На оси абсцисс в масштабе находим точку, соответствующую  $l_n = 21$  м, из этой точки вверх проводим линию, параллельную оси ординат, до пересечения с кривой, отвечающей  $k_{ф.п.} = 0,510$ . Определяем расстояние между кривыми для  $k_{ф.п.}$ , равного 0,510 и 0,530.

По линии  $l_n = 21$  м выше кривой для  $k_{ф.п.} = 0,510$  в масштабе откладываем отрезок, соответствующий 0,004. Из полученной точки проводим линию, параллельную оси абсцисс. В пересечении этой линии с осью ординат находим искомое значение  $\mu$ . В данном случае  $\mu = 0,65$ . Определение коэффициентов  $q_0$  и  $k$  не вызывает затруднения.

Покажем на примере ход определения коэффициентов  $\mu$ ,  $q_0$ ,  $k$  уравнения грузовой линии пакетов хлыстов (деревьев с кроной).

**Пример.** Определим  $\mu$ ,  $q_0$ ,  $k$  для пакетов хлыстов, перевозимых автопоездом. Исходные данные получены замерами в натуре диаметров хлыстов, их длин, общей длины пакета, его веса, объема и других характеристик [6].  $V_n = 15,227$  м<sup>3</sup>; число хлыстов — 34 шт.  $P_n = 13,0$  Т;  $S_m = 1,422$  м<sup>2</sup>;  $l_n = 22,7$  м;  $q_m = 1,209$  Т/м;  $l_d = 25,7$  м;  $\gamma_n = 0,855$  Т/м;  $k_{ф.п.} = 0,472$ .

Длина пакета  $l_n = 0,88 l_d$ . При определении  $\mu$  будем пользоваться графиком, представленным на рис. 3. По графику определяем, что при  $l_n = 0,9 l_d$ ,  $l_n = 22,7$  м и  $k_{ф.п.} = 0,472$ ,  $\mu = 0,47$ .

Расчетом по методу итерации получено  $\mu = 0,46$ .

Определяем коэффициент сбега пакета

$$k = \frac{q_m}{l^{\mu} - 1,3^{\mu}} = \frac{1,209}{25,7^{0,47} - 1,3^{0,47}} = 0,349.$$

Находим интенсивность веса в комлевом сечении пакета

$$q = q_0 - 1,3^{\mu} k = 1,209 + 0,349 \cdot 1,3^{0,47} = 1,604.$$

Уравнение грузовой линии пакета напишется в следующем виде:

$$q = 1,604 - 0,349x^{0,47}.$$

Анализ полученных данных показывает, что разница ординат грузовой линии относительно небольшая, так что в дальнейших расчетах ею можно пренебречь.

Получающаяся при этом погрешность не превышает 5%, что при инженерных расчетах не имеет существенного значения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Лесная таксация. Гослесбумиздат, М.—Л., 1951. [2]. Б. Г. Гастев. Некоторые вопросы теории перевозок древесины в хлыстах. Докторская диссертация, Львов, 1955. [3]. М. Е. Каченко. Закон объемов древесных стволов и его значение для массовых сортиментных таблиц. Сельхозгиз, М., 1932. [4]. А. В. Тюрин. Таксация леса. Гослестехиздат, 1945. [5]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, М.—Л., 1956. [6]. Труды ЦНИИМЭ, вып. XXIX, 1961. [7]. Труды ЦНИИМЭ, вып. XXXX, 1963. [8]. З. С. Цофин. Исследование изменения интенсивности собственного веса пакета по их длине. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963.

Поступила в редакцию  
30 ноября 1963 г.

## К ВОПРОСУ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЛЕСОРАЗРАБОТКАХ

Д. И. КОДОЧИГОВ

Научный сотрудник

(Поволжский лесотехнический институт)

Правильный выбор максимальных, среднеквадратичных (эквивалентных) и средних нагрузок имеет большое значение при проектировании системы электроснабжения предприятий и анализе эксплуатационных режимов электроустановок. Поэтому в промышленной электроэнергетике особое внимание уделяют разработке более точных методов определения электрических нагрузок, базирующихся на основных положениях теории вероятностей и математической статистики [3], [4], [5], [7], [8].

В электроэнергетике лесоразработок исследования вопросов методики определения расчетных нагрузок пока еще не получили должного размаха (особенно в части обоснования влияния на их величину организации технологического процесса, специфики производства, условий эксплуатации токоприемников и ряда других факторов). До последнего времени здесь применяли только эмпирические методы, при которых неизбежны расхождения расчетных и действительных нагрузок.

Между тем, при широком развертывании работ по электрификации лесозаготовительных предприятий ошибки в определении нагрузок могут вызвать экономически неоправданное увеличение капиталовложений и значительный перерасход цветного металла в проводах, кабелях и трансформаторах. По этой причине несомненна необходимость применения более точных методов расчета нагрузок на лесоразработках. Излагаем некоторые соображения по затронутому вопросу.

### *Анализ материалов обследования электрических нагрузок на лесоразработках*

При экспериментальном обследовании нагрузок в основном определяли показатели, характеризующие режим работы отдельных токоприемников: коэффициенты включения  $k_{в}$ , коэффициенты использования и загрузки номинальной мощности двигателей  $k_{и}$  и  $k_{з}$ , коэффициенты формы и максимума  $k_{ф}$  и  $k_{м}^*$ , удельное потребление электроэнергии и коэффициент мощности.

\* Наименование, а также физический смысл и математическая интерпретация этих коэффициентов соответствуют принятым в руководящих указаниях по определению нагрузок промышленных предприятий [2].

Как показывают материалы обследования, большая часть токоприемников лесозаготовительных предприятий работает в продолжительном (иногда непрерывном) или повторно-кратковременном режимах с резко изменяющейся текущей нагрузкой. Их коэффициенты включения колеблются от 0,15—0,20 до 0,9—1,0, а число пусков — от нескольких десятков до нескольких сотен в смену.

По внешнему виду графики нагрузки токоприемников представляют собой ломаные линии с непрерывно чередующимися зубцами различной формы. Зубцеобразная линия в большинстве случаев прерывается провалами, доходящими до уровня холостого хода двигателя или полного отсутствия нагрузки. Несмотря на резкое различие этих графиков (в пределах смен, циклов), их упорядоченные диаграммы нагрузки\* довольно стабильны. Как показала обработка полученных материалов, при небольших интервалах осреднения текущей нагрузки упорядоченные диаграммы индивидуальных режимов энергопотребления близки к степенной функции вида

$$P = P_{max} - (P_{max} - P_{min}^{\alpha}) t_1^{\alpha}, \quad (1)$$

где  $P_{max}$ ,  $P_{min}$  — максимальная и минимальная ординаты графиков;

$t_1 = \frac{t}{T_{cm}}$  — продолжительность нагрузки в относительных единицах;

$\alpha$  — степенной показатель упорядоченной диаграммы, зависящий от крутизны кривой.

Значение степенного показателя  $\alpha$  определяют из условия равенства площадей исходного графика и упорядоченной диаграммы

$$P_{cp} T_{cm} = \int_0^{t_p} [P_{max} - (P_{max} - P_{min}) t_1^{\alpha}] dt_1 + P_x t_x,$$

где  $t_p$  и  $t_x$  — общая продолжительность рабочего и холостого ходов токоприемника;

$P_{cp}$  — его средняя нагрузка за период  $T_{cm}$ .

Учитывая, что  $P_{min} = P_x$  (мощность, потребляемая при холостом ходе механизма), а  $\frac{t_p}{T_{cm}} = k_p$ ,  $\frac{t_x}{T_{cm}} = k_x$  и  $k_p + k_x = k_b$ , после незначительного преобразования и некоторого упрощения\*\* получим

$$\alpha = \frac{P_{cp} - k_b P_x}{k_b P_{max} - P_{cp}}. \quad (2)$$

Упорядоченные диаграммы, соответствующие неосредненным (или с небольшим интервалом осреднения) совмещенным графикам нагрузки различных групп механизмов, по аналогии с функцией (1) выражают двумя уравнениями

$$\left. \begin{aligned} P &= P_{max} - 2^{\alpha} (P_{max} - P_{cp}) t_1^{\alpha} \\ &\text{при } 0 \leq t_1 \leq 0,5; \\ P &= P_{min} + 2^{\alpha} (P_{max} - P_{cp}) (1 - t_1)^{\alpha} \\ &\text{при } 0,5 \leq t_1 \leq 1,0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

\* Упорядоченные диаграммы нагрузки получаются из обычных графиков при расположении их ординат в убывающем или возрастающем порядке [5].

\*\* Это упрощение заключается в замене  $k_p P_{max} + k_x P_x$  выражением  $k_b P_{max}$ , что вполне допустимо при нормированной [2] точности определения нагрузок ( $\pm 10\%$ ).

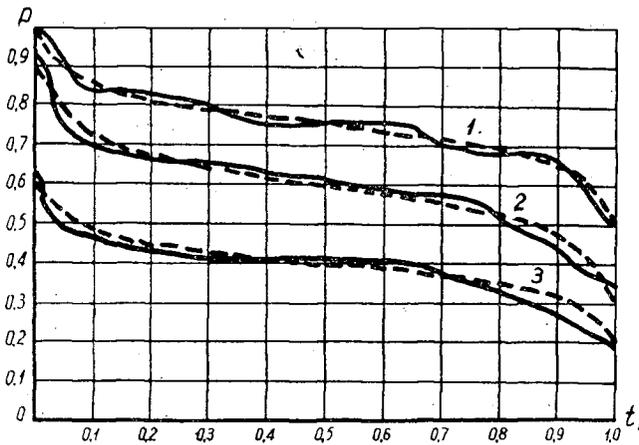


Рис. 1. Упорядоченная диаграмма нагрузки различных технологических групп на лесоразработках.

1 — нижний склад; 2 — четыре мастерских участка;  
3 — цех ширпотреба.

Для иллюстрации на рис. 1 показаны упорядоченные диаграммы трех различных групп токоприемников (сплошные линии). Пунктирными линиями обозначены кривые, построенные по уравнению (3). Как видно из рисунка, они близки к экспериментальным кривым.

Анализ упорядоченных диаграмм нагрузки показывает, что величина  $\alpha$  для индивидуальных режимов энергопотребления в большинстве случаев находится в пределах 0,20—0,40. Для совмещенных режимов  $\alpha \approx 0,32 \div 0,35$  (практически такие упорядоченные диаграммы близки к кривой нормального распределения случайных величин). С увеличением интервала осреднения исходных графиков кривая упорядоченных диаграмм приближается к прямой, а абсолютное значение  $\alpha$  стремится к единице.

Использование степенных упорядоченных диаграмм дает возможность упростить вычисление эквивалентной нагрузки и связанных с ней расчетных коэффициентов. В общем виде (при замене в упорядоченной диаграмме прямой холостого хода продолжением степенной кривой) формулу, определяющую эквивалентную нагрузку отдельных приемников, выводят из уравнения

$$\begin{aligned}
 p_3^2 T_{\text{см}} &= \int_0^{t_B} [p_{\text{max}} - (p_{\text{max}} - p_{\text{min}}) t_1^\alpha]^2 dt_1 = \\
 &= \frac{2\alpha p_{\text{max}} (\alpha p_{\text{max}} + p_{\text{min}}) + (\alpha + 1) p_{\text{min}}^2}{(\alpha + 1)(2\alpha + 1)} t_B; \\
 p_3 &= \sqrt{k_B p_n} \sqrt{k_3^2 + \frac{\alpha^2}{2\alpha + 1} (k_{\text{ск}} - k_3)^2} = \\
 &= \sqrt{k_B p_n} \sqrt{k_3^2 + \gamma (k_{\text{ск}} - k_3)^2}, \tag{4}
 \end{aligned}$$

где  $p_n$  — номинальная мощность токоприемника;  
 $k_{\text{ск}}$  — коэффициент спроса, соответствующий кратковременному максимуму нагрузки (для неосредненных графиков);

$\gamma = \frac{\alpha^2}{2\alpha + 1}$  — коэффициент конфигурации упорядоченной диаграммы.

С учетом выражения (4) коэффициент формы их графиков нагрузки

$$k_{\phi} = \sqrt{1 + \gamma \left( \frac{k_{\text{ск}} - k_3}{k_3} \right)^2}. \quad (5)$$

На основании уравнений (3), по аналогии с выражениями (4) и (5), из равенства

$$P_{\text{ск}}^2 = \int_0^{0,5} [P_{\text{max}} - 2^\alpha (P_{\text{max}} - P_{\text{ср}}) t_1^\alpha]^2 dt_1 + \\ + \int_{0,5}^{1,0} [P_{\text{min}} + 2^\alpha (P_{\text{max}} - P_{\text{ср}}) (1 - t_1)^\alpha]^2 dt_1 = P_{\text{ср}}^2 + \frac{2\alpha^2 (P_{\text{max}} - P_{\text{ср}})^2}{(\alpha + 1)(2\alpha + 1)}$$

через основные показатели общего графика могут быть выражены групповые среднеквадратичная нагрузка и коэффициент формы

$$P_{\text{ск}} = \sqrt{P_{\text{ср}}^2 + \frac{2\alpha^2}{(\alpha + 1)(2\alpha + 1)} (P_{\text{max}} - P_{\text{ср}})^2}; \quad (6)$$

$$K_{\phi} = \sqrt{1 + \frac{2\alpha^2}{(\alpha + 1)(2\alpha + 1)} (k_{\text{м}} - 1)^2}. \quad (7)$$

Учитывая, что при  $\alpha = 0,34 - 0,35$   $\frac{2\alpha^2}{(\alpha + 1)(2\alpha + 1)} = 0,11$ , формулы (6) и (7) можно представить в виде

$$P_{\text{ск}} = \sqrt{P_{\text{ср}}^2 + 0,11 (P_{\text{max}} - P_{\text{ср}})^2}; \quad (6')$$

$$K_{\phi} = \sqrt{1 + 0,11 (K_{\text{м}} - 1)^2}. \quad (7')$$

Использование степенной модели упорядоченных диаграмм не только упрощает расчеты при определении  $P_{\text{э}}$  и  $k_{\phi}$ , но и повышает их точность. Возможная ошибка при этом даже в наиболее неблагоприятных случаях не превышает 4—6%.

Исходные данные, входящие в формулы (4) — (7), определяют по материалам обычных обследований нагрузок (записи графиков по счетчикам электроэнергии с одновременным фиксированием  $t_p$  и  $t_x$  токоприемников).

#### *Расчетные формулы и кривые для подсчета нагрузок на лесоразработках*

Из перечисленных выше расчетных нагрузок для групповых режимов энергопотребления наиболее просто определяют среднюю нагрузку, равную сумме средних нагрузок отдельных токоприемников. Другие нагрузки — максимальная и среднеквадратичная — теоретически находятся в пределах, ограниченных с одной стороны суммой средних, с другой — суммой максимальных (для расчетных максимумов) или эквивалентных (для среднеквадратичных) нагрузок отдельных потребителей. Эти пределы охватывают любую степень зависимости механизмов расчетной группы друг от друга: основная задача при определении  $P_{\text{max}}$  и  $P_{\text{ск}}$  заключается в отыскании их наиболее вероятных значений, находящихся в указанных пределах.

Известно, что в теоретических методах определения расчетных нагрузок большое значение имеет теорема сложения дисперсий случай-

ных величин [3], [6], [8]. При любом изменении текущей нагрузки ее дисперсия  $D(p)$  может быть представлена в виде

$$D(p) = \int_{P_{max}}^{P_{min}} (P - P_{cp})^2 f(p) dP, \quad (8)$$

где  $f(p)$  — плотность распределения нагрузки, определяемая как первая производная ее интегральной функции распределения (в соответствии с кривыми рис. 1).

Выразив в уравнении (8)  $f(p)$  через основные показатели упорядоченной диаграммы из формул (1) или (3), получим формулы, определяющие дисперсию индивидуальных

$$d(p) = \gamma k_b (p_{max} - P_{cp})^2 \quad (9)$$

и групповых

$$D(p) = 0,11 (P_{max} - P_{cp})^2 = P_{ск}^2 - P_{cp}^2 \quad (10)$$

режимов нагрузки потребителей.

С учетом теоремы сложения дисперсий независимых случайных величин [1] и формул (9) и (10) групповая среднеквадратичная нагрузка  $n$  токоприемников определится из равенства

$$P_{ск}^2 - P_{cp}^2 = \sum_1^n \gamma_j k_{jв} (p_{j max} - p_{j cp})^2, \quad (11)$$

откуда, после незначительных преобразований

$$P_{ск} = P_n \sqrt{k_n^2 + \gamma \bar{k}_b \frac{(\bar{k}_{ск} - \bar{k}_3)^2}{n_3}}, \quad (12)$$

где  $P_n$  — суммарная номинальная мощность токоприемников расчетной группы;  
 $k_n$  — коэффициент использования номинальной мощности токоприемников расчетной группы;  
 $\bar{\gamma}, \bar{k}_b, \bar{k}_{ск}, \bar{k}_3$  — средневзвешенные (по номинальной мощности) значения показателей режимов эксплуатации токоприемников;

$n_3 = \frac{(\bar{k}_f k_n)^2 P_n^2}{\sum (k_{jf} \cdot k_{jn})^2 p_n^2}$  — эффективное число токоприемников;  
 $k_{jf}, k_{jn}$  — коэффициенты формы и использования отдельных токоприемников расчетной группы.

Как показывают расчеты, последнее выражение может быть использовано также и для определения  $P_{ск}$  зависимых токоприемников (возможные ошибки в этом случае не превысят 5—7%).

По аналогии с выражением (12) выводят формулы суммарных максимумов. Для независимых токоприемников формулу, определяющую групповой максимум, легко приводят к виду

$$P_{p.м} = P_n \left[ k_n + 3(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1}{n_3} \gamma \bar{k}_b} \right]. \quad (13)$$

Формула суммарного максимума зависимых токоприемников отличается от выражения (13) только наличием средневзвешенного коэффи-

коэффициента связи отклонений текущих нагрузок от своего среднего значения  $r$

$$P'_{p.m} = P_n \left[ k_n + 3(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1+r(n_3-1)}{n_3}} \bar{\gamma} \bar{k}_B \right]. \quad (14)$$

Расчетные формулы для коэффициентов формы и спроса получают непосредственно из уравнений (12) — (14)

$$K_\Phi = \sqrt{1 + \frac{(\bar{k}_{св} - \bar{k}_3)^2}{n_3 k_n^2}} \bar{\gamma} \bar{k}_B; \quad (15)$$

$$K_c = k_n + 3(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1}{n_3}} \bar{\gamma} \bar{k}_B; \quad (16)$$

$$K'_c = k_n + 3(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1+r(n_3-1)}{n_3}} \bar{\gamma} \bar{k}_B. \quad (17)$$

При интервалах осреднения текущей нагрузки, превышающих 10 мин, формулы (16) и (17) можно представить так:

$$K_c = k_n + \sqrt{3}(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1}{n_3}} \bar{\gamma} \bar{k}_B; \quad (18)$$

$$K'_c = k_n + \sqrt{3}(\bar{k}_c - \bar{k}_3) \sqrt{\frac{1+r(n_3-1)}{n_3}} \bar{\gamma} \bar{k}_B. \quad (19)$$

Значение коэффициента  $\bar{r}$  для токоприемников автоматизированных линий нижних складов приблизительно равно 0,15—0,25 (зависимые величины со слабой связью).

Анализ полученных выражений показывает, что групповые расчетные нагрузки зависят от параметров режима эксплуатации отдельных приемников. При этом в формулах (12) и (14) эти нагрузки должны соответствовать неосредненным графикам. Показатели, входящие в другие формулы, можно определить по графикам с любым интервалом осреднения (при обязательном его равенстве продолжительности расчетного максимума).

При резком различии постоянных времени нагрева токоведущих элементов их выбор по расчетному максимуму одной продолжительности не обеспечивает достаточно рационального использования металла. В этом случае возникает необходимость определения расчетных максимумов различной продолжительности, с учетом того, что их величина (допустимая по нагреву изоляции) связана с продолжительностью соотношением

$$P_{p.m} = P_{n.d} \sqrt{\frac{k - \left(\frac{P_{np}}{P_{n.d}}\right) e^{-\frac{t_p}{T_0}}}{1 - e^{-\frac{t_p}{T_0}}}}, \quad (20)$$

где  $P_{n.d}$  — длительно допустимая нагрузка при данных условиях эксплуатации токоведущих элементов;

$k$  — коэффициент их допустимой кратковременной тепловой перегрузки;

$P_{np}$  — предвзрывательная нагрузка токоведущих элементов;

$t_p$  — продолжительность расчетного максимума;

$T_0$  — постоянная времени нагрева токоведущих элементов.

При отсутствии исходных данных, соответствующих тому или иному (в зависимости от величины  $T_0$ ) интервалу осреднения, может быть произведен пересчет расчетного максимума по формуле

$$P_{р.м} = P_{ср} + \frac{P_{max} - P_{ср}}{\sqrt{S}}; \quad (21)$$

где  $P_{max}$  — суммарный максимум, равный продолжительности интервалов осреднения записанных графиков нагрузки;

$S$  — отношение продолжительности интервалов осреднения пересчитываемого и исходного максимумов.

В качестве практического приложения аналитического метода определения нагрузок на рис. 2—5 показаны расчетные кривые, построен-

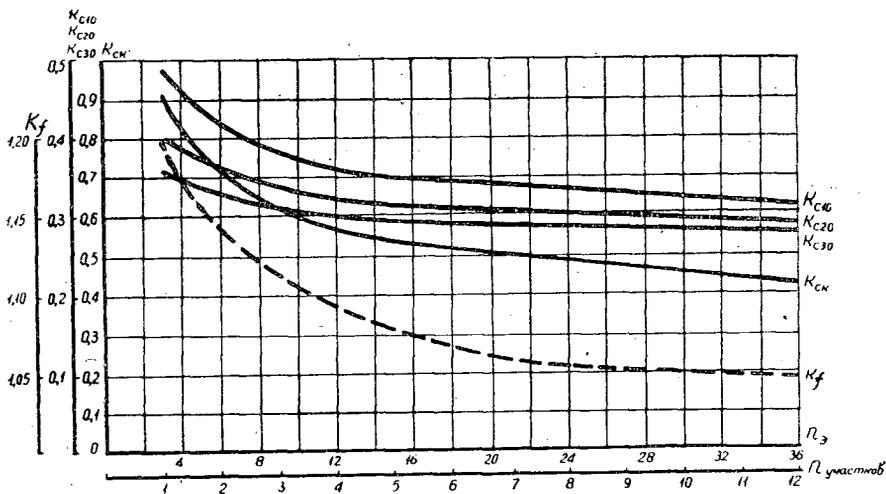


Рис. 2. Расчетные кривые для токоприемников лесосек и верхних складов. Пунктирная линия показывает зависимость коэффициента формы, сплошные — коэффициентов спроса от числа токоприемников лесосек (или числа мастерских участков).

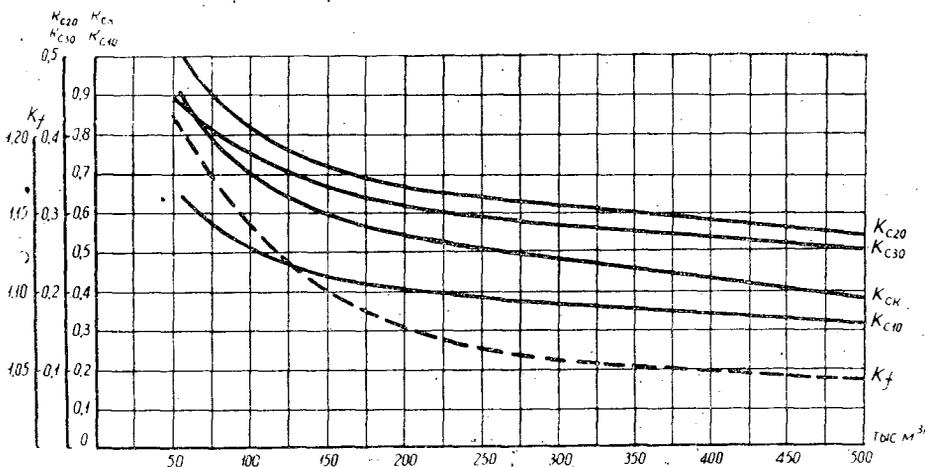


Рис. 3. Расчетные кривые для приречных нижних складов. Пунктирная линия показывает зависимость коэффициента формы, сплошные — коэффициентов спроса от грузооборота склада.

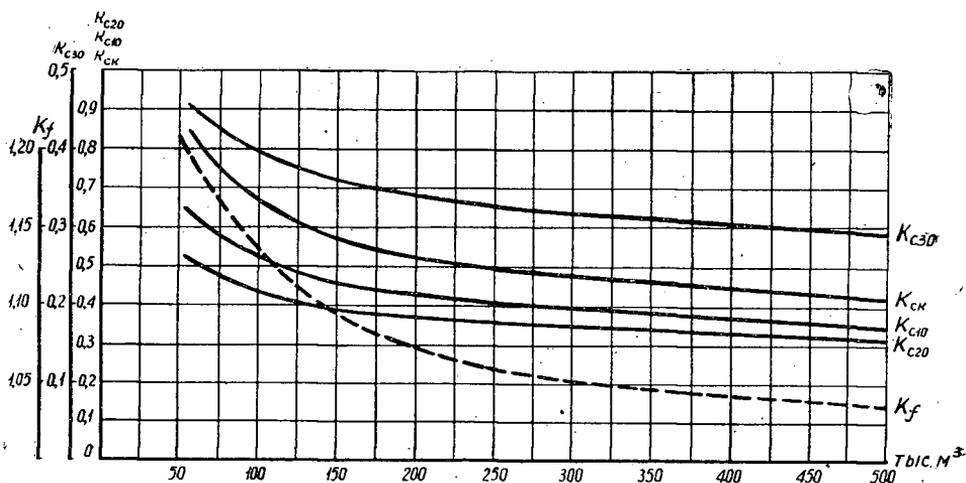


Рис. 4. Расчетные кривые для прирельсовых нижних складов. Обозначения см. на рис. 3.

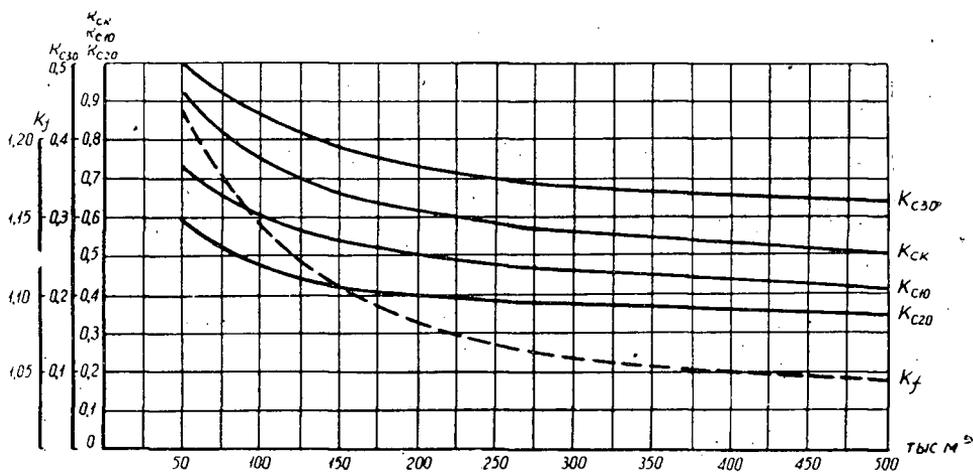


Рис. 5. Расчетные кривые для нижних складов с автоматизированным производственным процессом. Обозначения см. на рис. 3.

ные на основании полученных ранее формул (15), (18), (19) и материалов проведенного автором обследования токоприемников ряда лесозаготовительных предприятий Урала и Марийской АССР.

Первая серия кривых (рис. 2) иллюстрирует характер зависимости коэффициентов спроса (соответствующих 30-, 20- и 10-минутному и кратковременному максимумам) и формы от эффективного числа токоприемников лесосек (или числа мастерских участков).

На рис. 3 и 4 показаны аналогичные кривые для приречных и прирельсовых нижних складов с годовым грузооборотом до 500 тыс. м<sup>3</sup>. Первые из них — приречные (рис. 3) — характеризуются слаборазвитой переработкой древесины. Основной состав их токоприемников связан с операциями по разделке поступивших хлыстов (деревьев с кроной) и перемещением круглых сортиментов (штабелевка, погрузка, срывка в воду и т. д.). Переработку древесины на этих складах обычно производят для удовлетворения собственных нужд предприятий. На складах

второго типа (рис. 4), кроме переработки древесины, производят также и частичную утилизацию древесных отходов. Наряду с круглым лесом, они отправляют потребителям продукцию деревообработки. Расчетные кривые на рис. 5 относятся к нижним складам с наличием полуавтоматических поточных линий.

Приведенные кривые дают представление о величине наиболее вероятных коэффициентов спроса и формы различных типов лесозаготовительных предприятий с годовым грузооборотом до 500 тыс. м<sup>3</sup> (такие кривые можно построить для любого грузооборота). Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показывает хорошее их совпадение, а сравнение с эмпирическим методом определения нагрузок (на примере расчетов, выполненных Марпромпроектom) дает основание к рекомендации некоторого снижения (до 15%) применяемых в настоящее время расчетных коэффициентов. Кроме непосредственных расчетов, аналитический метод может быть использован при изучении и анализе характера связи нагрузок с режимами эксплуатации потребителей, технологией производства и параметрами предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. Физматгиз, 1962.
- [2]. Временные руководящие указания по определению электрических нагрузок промышленных предприятий. Сборник технической информации Тяжпромэлектропроекта, № 4—5, 1961.
- [3]. Б. В. Гнеденко, Б. С. Мешель. Об оценке эффективности уточнения расчетов электрических нагрузок промышленных сетей. Журн. «Электричество» № 11, 1959.
- [4]. Б. В. Гнеденко, Б. С. Мешель. О статистических методах расчета и исследования электрических нагрузок промышленных сетей. Журн. «Электричество» № 2, 1961.
- [5]. Г. М. Каялов. Методика опытных исследований в промышленной электроэнергетике. Журн. «Электричество» № 5, 1953.
- [6]. Г. М. Каялов. Определение расчетных нагрузок промышленных электрических сетей по методу упорядоченных диаграмм нагрузки. Материалы по определению электрических нагрузок, ЦЕНТОЭП, 1958.
- [7]. Г. М. Каялов. Теория случайных процессов и расчет нагрузок заводских электрических сетей. ИВУЗ, «Электромеханика» № 11—12, 1961.
- [8]. М. К. Харчев. К вопросу определения электрических нагрузок промышленных предприятий. Журн. «Промышленная энергетика» № 7, 1957.

Поступила в редакцию  
9 марта 1964 г.

## ОПЫТ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ ВЕРТОЛЕТОМ

Г. Г. САМОЙЛОВИЧ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук  
(Ленинградская лесотехническая академия)

В Охтенском учебно-опытном лесхозе сотрудники кафедры механизации лесозаготовок и кабинета лесной авиации Ленинградской лесотехнической академии в сентябре 1960 г. провели опыт вывозки заготовленной древесины при помощи вертолета МИ-4.

Заготовку древесины проводили в чистом сосняке-черничнике 110 лет, III класса бонитета, имеющем среднюю высоту 21 м, средний диаметр 24 см, полноту 0,5, запас 230 м<sup>3</sup> на 1 га. В этом же насаждении встречались деревья второго поколения леса в возрасте 60—70 лет. Под пологом насаждения, изреженного бессистемной выборочной рубкой, находился подрост средней густоты из сосны, березы и осины (до 20 лет) со средней высотой от 3 до 5 м. Этот участок леса с одной стороны располагался по соседству с молодняком из березы и осины, а с другой примыкал к поляне, местами заросшей ивой. Никаких специальных условий для подходов вертолета не создавали.

Валку леса и разделку заготовленной древесины производили пилой «Дружба». Спиленные деревья очищали от сучьев и разделявали на сортименты длиной 6 м. Бревна трелевали и собирали в пачки по 3—5 шт., в зависимости от толщины верхнего отруба, а также с учетом их веса (приблизительно от 1,1 до 1,3 т), то есть чтобы они не превосходили веса полезного груза для данного типа вертолета. Объем пачки бревен составлял от 1,2 до 1,7 м<sup>3</sup>. Такие пачки бревен вывозили при помощи стандартной внешней подвески, которой снабжался вертолет МИ-4. В дополнение к ней на кафедре механизации лесозаготовок ЛТА были изготовлены два несущих троса — один длиной 5 м, другой 15 м — и к ним четыре чокера толщиной 15 мм, длиной 3,5 м (с кольцами и карабинами).

Первоначально при вывозке заготовленных пачек использовали трос длиной 15 м, а затем другой трос длиной 5 м.

Рабочий скреплял бревна в пачки двумя чокерами с таким расчетом, чтобы не было перекоса пачки в воздухе и она лучше центрировалась. Подлетев к заготовленной пачке, вертолет зависал на высоте, примерно равной длине несущей подвески, а рабочий сцеплял последнюю с пачкой, после чего давал сигнал и отходил в сторону. Весь этот процесс занимал около полминуты, а общее время зависания вертолета составляло в среднем 1—1,5 мин.

Получив сигнал с земли, вертолет первоначально поднимал груз вертикально на несколько метров, но не выше полога леса, а затем, на-

бирая высоту и скорость, улетал к складу древесины, находящемуся на расстоянии около 0,5 км. Подлетев к нему, вертолет снижался настолько, чтобы пачку можно было опустить на поверхность земли или на ранее положенные бревна. Рабочий быстро отцеплял чокеры и подавал сигнал, после чего вертолет с подвеской набирал высоту и улетал снова к месту заготовки древесины. На этот процесс уходило не более 1 мин. Испытание двух несущих тросов длиной 5 и 15 м показало, что при использовании первого троса пачка в воздухе несколько более раскачивалась. Трос длиной 15 м в условиях равнинной местности вряд ли целесообразно применять. Вертолет МИ-4 без каких-либо усилий спокойно поднимал и переносил пачку бревен из леса на склад. В момент испытания скорость ветра не превышала 4—5 м/сек.

В этом же насаждении был проведен опыт вывозки спиленных деревьев с кронами. Например, два спиленных дерева с кронами подтравывали одно к другому и уже описанным путем скрепляли чокерами. Первоначально по специальным таблицам определяли их вес с расчетом, чтобы он не превысил величину полезного груза (не более 1,3 Т). Это были деревья длиной 16—18 м с диаметром у комля 26—28 см. Вертолет легко их поднимал, выносил из леса и опускал на складе древесины. Затраты времени были примерно такими же, как и при переносе пачек бревен.

Настоящий опыт проведен в небольшом объеме, поэтому на основании его нельзя сделать исчерпывающих выводов, тем более дать экономическое обоснование степени эффективности данного типа вывозки леса. В дальнейшем работа в этом направлении будет продолжена с применением новых типов вертолетов, выпускаемых нашей авиационной промышленностью. В разных лесорастительных условиях и в особенности в горных\* считаем желательным поставить эксперименты по вывозке древесины с помощью аэростатов, дирижаблей и геликостатов.

Идея применения летающих аппаратов последнего типа, представляющих собой сочетание в одной конструкции аэростатов и вертолетов, нашла отражение в зарубежной литературе и может сулить новые перспективы. Вместе с тем известен опыт совместного применения аппарата типа аэростата и вертолета.

В журнале «Aviation Weg» от 14 декабря 1959 г. описано, что в США для опыта был взят вертолет типа Bell модели 47-Y, снабженный двигателем в 200 л. с., трехместный, с собственным весом 650 кг. При помощи троса его подвешивали к полиэтиленовым баллонам сферической обтекаемой формы с отношением между длиной и шириной 3:1. При этом оказалось возможным увеличить нормальную грузоподъемность вертолета с 200 кг до 1 Т. Полеты происходили на высоте 300 м и показали, что их скорость без потери устойчивости можно довести до 24 км/час. Кроме того, при помощи такого летающего аппарата можно разгрузить судно, перевезти тяжелое буровое оборудование и выполнить ряд других перевозок.

В наших условиях геликостаты как самостоятельный тип летательной машины могут быть использованы прежде всего при устройстве лесов в северных таежных условиях, для охраны их от пожаров и борьбы с последними.

\* Г. К. Виногородов. Вертолет на лесозаготовках. Журн. «Лесная промышленность» № 4, 1900.

## К ВОПРОСУ О ПОДВОДНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ БРЕВЕН ПРИ СОРТИРОВОЧНО-СПЛОТОЧНЫХ РАБОТАХ НА СПЛАВНЫХ РЕЙДАХ

**В. Я. ХАРИТОНОВ**

Аспирант

**Г. А. МАНУХИН**

Профессор

(Архангельский лесотехнический институт)

Наиболее трудоемкой операцией в комплексе сплавных работ является сортировка лесоматериалов. Появившиеся в последние годы на сплаве такие механизмы, как барабанные, гидравлические и гладкотросовые ускорители, снижают трудоемкость сортировочных работ, но не решают вопросов резкого повышения производительности труда рабочих, увеличения пропускной способности сортировочных систем, возможности увеличения дробности сортировки на рейдах с ограниченной акваторией и др.

Между тем, решение этих вопросов в настоящее время приобретает все большее значение в связи с ростом объемов лесозаготовок и сплава леса, а также необходимостью более тщательной сортировки древесины для предприятий лесопильно-деревообрабатывающей и химической промышленности.

Совершенствование сортировочно-сплотовочных работ идет по трем направлениям: 1) разработка конструкций сортировочных и сортировочно-сплотовочных агрегатов, оперирующих с бревнами, плавающими на свободной поверхности воды; 2) создание работоспособных и эффективных сортировочно-сплотовочных агрегатов, осуществляющих сортировочные операции с извлеченными из воды бревнами; 3) создание механизмов и сортировочных схем с использованием подводного перемещения бревен на сплавных рейдах. Последнему вопросу и посвящена данная статья.

Для установления технических параметров механизмов необходимо изучить следующие случаи движения бревен под водой: 1) вертикальное свободное всплывание бревна из горизонтального исходного положения; 2) движение бревна по инерции при вертикальном затоплении его, после прекращения действия затапливающей силы; 3) движение бревна при всплывании по направляющим с различным углом наклона последних; 4) всплывание бревна после отрыва его от траверс подводного транспортера.

Рассмотрим первый случай. Для вывода теоретических зависимостей всплывания бревна принимаем следующие допущения: 1) бревно

по форме близко к цилиндрическому с круговым поперечным сечением; 2) древесина бревна однородна по его длине, то есть имеет одинаковую плотность; 3) присоединенной массой воды при всплывании пренебрегаем.

При свободном всплывании интересующими величинами являются скорость поступательного движения и время всплывания в зависимости от глубины. Для установления этих зависимостей используем положения теоретической механики.

Исходя из уравнения движения Ньютона, можно написать

$$m \frac{dv}{dt} = P - R, \quad (1)$$

где  $m$  — масса бревна, кг;

$\frac{dv}{dt}$  — ускорение при всплывании, м/сек<sup>2</sup>;

$P$  — сила плавучести, н;

$R$  — гидравлическое сопротивление всплыванию бревна, н.

Массу бревна можно выразить как

$$m = \frac{\pi d^2}{4} l \rho,$$

где  $d$  и  $l$  — соответственно диаметр и длина бревна, м;

$\rho$  — плотность древесины, равная  $\frac{\gamma}{g}$ , кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma$  — объемный вес бревна, н/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>.

Силу плавучести можно представить как

$$P = \frac{\pi d^2}{4} l (\gamma_0 - \gamma), \quad (2)$$

где  $\gamma_0$  — удельный вес воды, н/м<sup>3</sup>.

Гидравлическое сопротивление всплыванию бревна как тела, по форме близкого к цилиндрическому, движущегося в жидкой безграничной среде в направлении, нормальном продольной оси, при значении числа Рейнольдса от  $10^4$  до  $2 \cdot 10^5$ , как установлено рядом исследователей, подчиняется квадратичному закону и выражается формулой

$$R = \zeta \rho_0 F \frac{v^2}{2}; \quad (3)$$

где  $R$  — вихревое (лобовое) сопротивление движению бревна в воде нормально продольной оси, н;

$\zeta$  — коэффициент сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса

$Re$  и удлинения  $\lambda = \frac{l}{d}$ . По данным исследований ЦАГИ и

Геттингенской лаборатории, для удлинений цилиндра  $\lambda = 5 \div \infty$  при значениях числа Рейнольдса в интересующих нас пределах, коэффициент сопротивления меняется от 0,75 до 1,2.

Проф. А. Я. Милович\* для бесконечно длинного цилиндра теоретически получил значение  $\zeta = 1,33$ , при сохранении условия сплошности движения жидкости. Для конкретного бревна полагаем величину  $\zeta$  постоянной.

$\rho_0$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

\* А. Я. Милович. Теория динамического взаимодействия тел и жидкостей. Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, М., 1955.

$F$  — площадь миделя,  $m^2$ ;

$$F = dl;$$

$v$  — скорость набегающего потока, или скорость движения бревна в потоке,  $m/сек.$

Формула (3) учитывает только вихревое (лобовое) сопротивление, силы трения в данном случае не принимаются во внимание вследствие их малости.

Подставим значения величин в формулу (3), тогда сопротивление

$$R = \zeta \rho_0 dl \frac{v^2}{2}. \quad (3')$$

Введем значение  $P$  и  $R$  из формул (2) и (3') в основное уравнение (1)

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} l (\gamma_0 - \gamma) - \zeta \rho_0 dl \frac{v^2}{2}.$$

Произведем преобразования

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\gamma} (\gamma_0 - \gamma) - \frac{2\gamma_0 \zeta}{\pi d \gamma} v^2.$$

Интегрируя, будем иметь

$$t = \frac{\pi d \gamma}{2 \zeta \gamma_0} \cdot \frac{1}{2 \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}} \ln \frac{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} + v}{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} - v} + C.$$

Значение постоянной интегрирования  $C$  найдем при начальных условиях: при  $t=0$  и  $v=0$ .

Окончательно при  $|v| < a$  ( $a = \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}$ ) получим

$$t = \frac{\pi d \gamma}{4 \zeta \gamma_0} \cdot \sqrt{\frac{2 \zeta \gamma_0}{\pi d g (\gamma_0 - \gamma)}} \ln \frac{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} + v}{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} - v}. \quad (4)$$

Для  $|v| > a$  после интегрирования будем иметь

$$t = \frac{\pi d \gamma}{4 \zeta \gamma_0} \cdot \sqrt{\frac{2 \zeta \gamma_0}{\pi d g (\gamma_0 - \gamma)}} \ln \frac{v - \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}}{v + \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}}. \quad (5)$$

Зависимости (4) и (5) определяют промежуток времени от начала всплывания, за который скорость всплывания достигнет значения  $v$ .

Определяющими величинами скорости и времени всплывания являются, как очевидно, диаметр и объемный вес бревна.

Для выяснения зависимости скорости от пути всплывания бревна примем закон кинетической энергии, по которому изменение кинетической энергии твердого тела равно сумме работ задаваемых сил, приложенных к телу,

$$T_2 - T_1 = \Sigma F_i h. \quad (6)$$

Для бесконечно малого перемещения этот закон можно написать

$$dT = \Sigma F_i dh, \quad (7)$$

где  $dT$  — бесконечно малое изменение кинетической энергии  $T = \frac{mv^2}{2}$  на бесконечно малом отрезке пути  $dh$ ;

$\Sigma F_i$  — сумма сил, приложенных к бревну,

$$\Sigma F_i = P - R.$$

Значения величин  $P$  и  $R$  приведены выше. Подставляя значения  $T$ ,  $P$  и  $R$  в выражение (7), продифференцировав, получим

$$\frac{2m \cdot v \cdot dv}{2} \left[ \frac{\pi d^2}{4} l (\gamma_0 - \gamma) - \zeta d \cdot l \cdot \rho_0 \frac{v^2}{2} \right] dh.$$

Значение всех величин приведено выше. Интегрируя, окончательно получим

$$h = \frac{\pi d \gamma}{4 \zeta \gamma_0} \ln \frac{g (\gamma_0 - \gamma)}{g (\gamma_0 - \gamma) - \frac{2 \zeta \gamma_0}{\pi d} v^2}. \quad (8)$$

Зависимость (8) показывает, на каком расстоянии от начала всплывания  $h$  скорость всплывания равна  $v$ . Скорость всплывания на любом расстоянии от начала всплывания определяют из выражения (8)

$$v = \sqrt{\frac{\left(1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}\right) \pi d g (\gamma_0 - \gamma)}{2 \zeta \gamma_0}}. \quad (9)$$

Для определения времени всплывания с различной глубины подставим найденное для скорости выражение в зависимости (4) и (5).

При  $|v| < a$  будем иметь

$$t = \frac{\pi d \gamma}{4 \zeta \gamma_0} \sqrt{\frac{2 \zeta \gamma_0}{\pi d g (\gamma_0 - \gamma)}} \ln \frac{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} + \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}}{\sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} - \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)}} \cdot \frac{\sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}}}{\sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}}}$$

или окончательно

$$t = \frac{\gamma}{2g (\gamma_0 - \gamma)} \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} \ln \frac{1 + \sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}}}{1 - \sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}}}. \quad (10)$$

При  $|v| > a$  будем иметь

$$t = \frac{\gamma}{2g (\gamma_0 - \gamma)} \sqrt{\frac{\pi d g}{2 \zeta \gamma_0} (\gamma_0 - \gamma)} \ln \frac{\sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}} - 1}{\sqrt{1 - e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}} + 1}. \quad (11)$$

Проанализируем величину выражения  $e^{-\frac{4 \zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}$ . В качестве примера, подсчитаем ее значение для различных диаметров бревен: 0,1, 0,3 и 0,6 м, приняв  $\gamma = 7850 \text{ н/м}^3$ ,  $\gamma_0 = 9810 \text{ н/м}^3$  и  $h = 2,0 \text{ м}$ .

Коэффициент сопротивления примем равным  $\zeta = 1$ , по данным исследований ЦНИИЛесосплава буксировки одиночного бревна в направлении нормальном его продольной оси\*.

Все расчеты показаны в табл. 1.

Таблица 1

$d, \text{ м}$	$\gamma, \text{ н/м}^3$	$\zeta$	$h, \text{ м}$	$\frac{4\zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}$	$e^{-\frac{4\zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}$	$\frac{4\zeta h \gamma_0}{1 - e^{-\frac{4\zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}}$	$\frac{4\zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}$
0,1	7850	1	2	31,8	$6,5 \cdot 10^{13}$	$0,154 \cdot 10^{-13}$	$\sim 1$
0,3	7850	1	2	10,9	$5,42 \cdot 10^4$	$0,184 \cdot 10^{-4}$	0,9999
0,6	7850	1	2	5,03	$1,53 \cdot 10^2$	$0,653 \cdot 10^{-2}$	0,9935

Анализ величины  $e^{-\frac{4\zeta h \gamma_0}{\pi d \gamma}}$  показывает, что значение ее мало при глубине всплывания, превышающей  $1 \div 1,5$  диаметра бревна, поэтому им можно пренебречь без большой погрешности для практических расчетов. Тогда скорость всплывания выразится совсем простой зависимостью

$$v = \sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}. \quad (12)$$

После подстановки числовых значений для  $\pi$  и  $g$  окончательно будем иметь

$$v = 3,92 \sqrt{\frac{d}{\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}. \quad (13)$$

Введем значение  $v$  по зависимости (12) в выражение для времени всплывания (4).

При  $|v| < a$  будем иметь

$$t = \frac{\pi d \gamma}{4\zeta \gamma_0} \cdot \sqrt{\frac{2\zeta \gamma_0}{\pi d g (\gamma_0 - \gamma)}} \ln \frac{\sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)} + \sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}}{\sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)} - \sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}} = \infty.$$

Неравенство  $|v| > a$  не может иметь места.

Таким образом, скорость всплывания  $v$  по выражению (12) представляет собой предельную скорость, которая достигается через бесконечно длительное время с момента начала всплывания, или в конце всплывания с бесконечно большой глубины.

На рис. 1 представлены теоретические кривые зависимости  $v = f(h)$  при  $\zeta = 1,0$  и  $\gamma = 6860 \text{ н/м}^3$ .

Скорость всплывания в начальный период интенсивно растет на небольшом участке пути в пределах диаметра бревна и затем асимптотически приближается к скорости  $v = \sqrt{\frac{\pi d g}{2\zeta} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}$ , практически оставаясь постоянной.

Следовательно, сделанное нами допущение о пренебрежении присоединенной массой правомерно.

\* ЦНИИЛесосплава. Отчеты по темам № 9 и 19 за 1938 г.

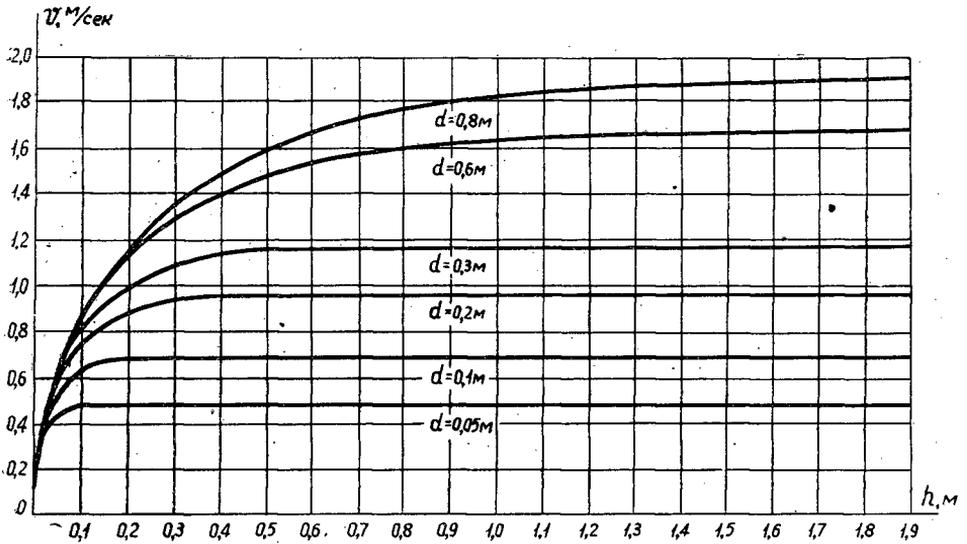


Рис. 1.

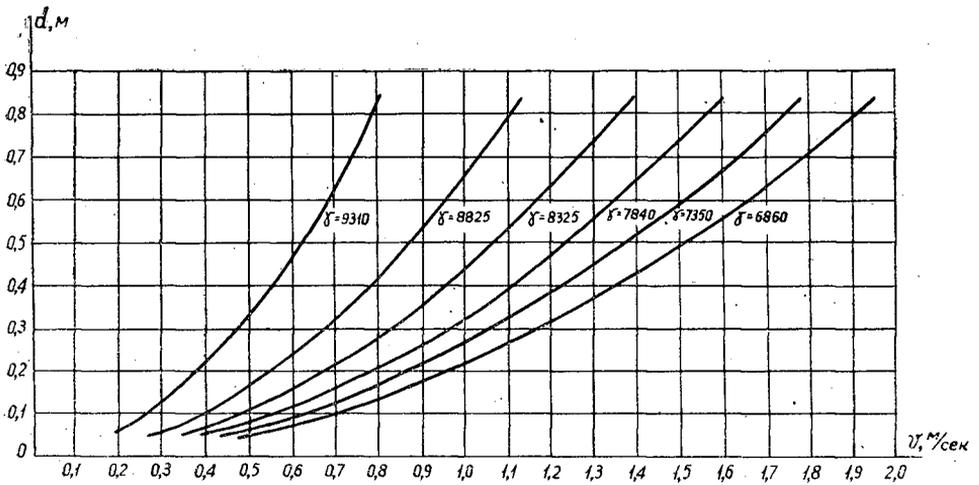


Рис. 2.

На рис. 2 приведены кривые зависимости  $v = f(d)$  при  $\zeta = 1,0$  и различных значениях  $\gamma$ , построенные по формуле (13), то есть при допущении постоянства скорости всплывания.

Для вывода расчетной формулы времени всплывания бревна с различной глубины воспользуемся зависимостью скорости от пути и времени при равномерном движении

$$v = \frac{h}{t} \text{ или } t = \frac{h}{v}. \quad (14)$$

Подставляя значения  $v$ , найденные по формуле (13), в зависимость (14), получим окончательно

$$t = 0,255h \sqrt{\frac{\zeta}{d \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}}, \quad (15)$$

где  $t$  — время всплывания, сек;  
 $h$  — глубина всплывания, м;  
 $d$  — диаметр бревна, м;  
 $\gamma$  — объемный вес бревна, н/м<sup>3</sup>.

Бревна, как известно, не являются совершенно цилиндрическими, скорее их можно считать по форме близкими к усеченному конусу с диаметрами первого сечения  $d_1$  и второго  $d_2$ .

Если пренебречь взаимным влиянием одной части бревна на другую, то можно написать выражения для продолжительности всплывания каждого конца бревна в следующем виде:

$$t_1 = 0,255h \sqrt{\frac{\zeta}{d_1 \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}} \quad \text{и} \quad t_2 = 0,255h \sqrt{\frac{\zeta}{d_2 \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}\right)}}$$

Разность во времени появления на поверхности концов бревен  $\Delta t$

$$\Delta t = 0,255h \sqrt{\frac{\mu}{1 - \frac{\gamma}{\gamma_0}} \left( \frac{1}{\sqrt{d_1}} - \frac{1}{\sqrt{d_2}} \right)}. \quad (16)$$

В качестве примера подсчитаем скорость, продолжительность и разность во времени всплывания концов для ряда бревен. Расчетные данные и конечные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

$d_1$ , м	$d_2$ , м	$l$ , м	$\zeta$	$\gamma$ , н/м <sup>3</sup>	$h$ , м	$v_1$ , м/сек	$v_2$ , м/сек	$t_1$ , сек	$t_2$ , сек	$\Delta t$ , сек
0,1	0,16	6,0	1,0	7850	2	0,554	0,70	3,61	2,86	0,75
0,3	0,36	6,0	1,0	7850	2	0,957	1,05	2,08	1,90	0,18
0,6	0,66	6,0	1,0	7850	2	1,36	1,42	1,47	1,40	0,07

Данные таблицы показывают, что разность во времени всплывания концов бревен сравнительно невелика.

### Выводы

1. При свободном всплывании бревна из горизонтального исходного положения скорость всплывания почти мгновенно (в пределах сотых долей секунды для крупных и средних и десятых долей секунды для мелких бревен) возрастает и при дальнейшем всплывании практически остается постоянной. Участок ускоренного движения находится в пределах  $1 \div 1,5$  диаметров бревна в начале пути всплывания.

2. Бревна больших диаметров и с меньшим объемным весом всплывают с большей скоростью.

3. Бревна как тела конической формы всплывают не с одинаковой скоростью по длине, а совершают вращательное движение вокруг горизонтальной оси, нормальной к продольной оси бревна.

4. Коэффициент вихревого сопротивления и характер всплывания подлежат экспериментальному исследованию.

## ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИИ ЛЕСНЫХ МАШИН

**П. Н. БУТИН**

Аспирант

(Поволжский лесотехнический институт)

Тензометрический метод исследования с помощью проволочных датчиков за последние годы нашел широкое распространение, особенно при изучении лесных машин и механизмов в производственных условиях. При этом, наряду с регистрацией измеряемых механических величин, необходима синхронная запись скорости движения испытуемого объекта.

Технически наиболее доступным и точным является способ нанесения на осциллограмму отметок времени и оборотов, по которым можно определить скорость движения в любой момент времени опыта [1].

Запись первых производят посредством электроконтактных часов, специальных вибраторов, входящих в комплект осциллографов, лампового генератора — отметчика времени типа П-104. Для получения отметок оборотов приходится изготовлять различного рода устройства, представляющие собой прерыватели электрической цепи.

В Поволжском лесотехническом институте при испытаниях лесовозных вагонов успешно применяют щеточный отметчик оборотов (рис. 1), весьма простой по устройству и безотказный в работе [2].

На ось 1 тележки вагона наматывают два-три слоя изоляционной ленты, между которыми укладывают резиновую прокладку 2. На последней размещают разъемный барабан-коллектор 3 из органического стекла толщиной 3—5 мм, предварительно придав ему в горячем состоянии форму окружности оси 1. В зависимости от режима и скорости движения поверхность барабана делят на две и более равные части, каждую вторую из которых покрывают медной или латунной жстью 4 (1—2 мм), являющейся контактами. С помощью двух хомутов 5 и болтов 6 барабан неподвижно закрепляют на оси, и при движении вагона он вращается вместе с ней. В качестве щеток 7 используют медную ленту шириной 5—10 мм, присоединенную через гетинаксовую прокладку к двум шарнирным рычагам 8, каждый из которых одним концом крепят к неподвижной стойке 9, а другим — к одной из двух пружин 10. Они, в свою очередь, подвешены к полу-вагона 11. Надежность контакта обеспечивается пружинами, силу натяжения их регулируют винтами 12.

Провода, идущие от щеток 2 (рис. 2), включают в измерительную цепь, состоящую из источника питания 3, которым может быть любой сухой гальванический элемент или аккумуляторная батарея, переменного сопротивления 4, вибратора осциллографа 5, выключателя 6.

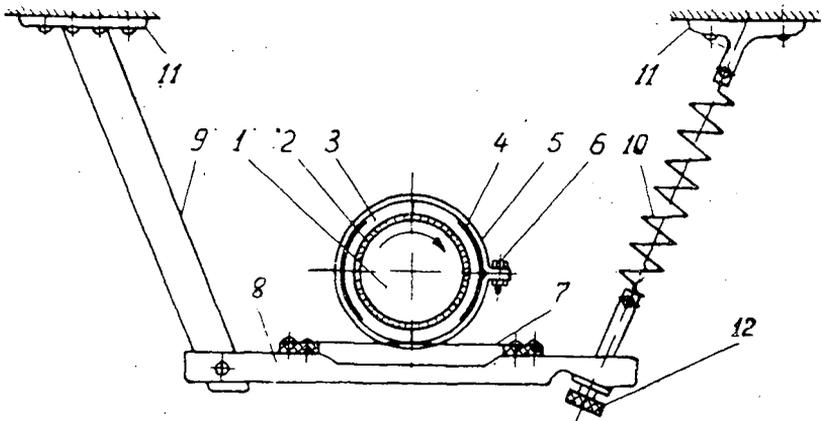


Рис. 1.

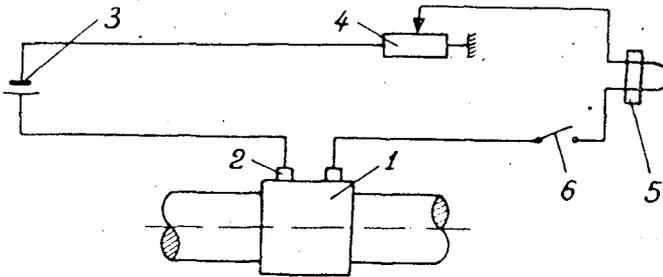


Рис. 2.

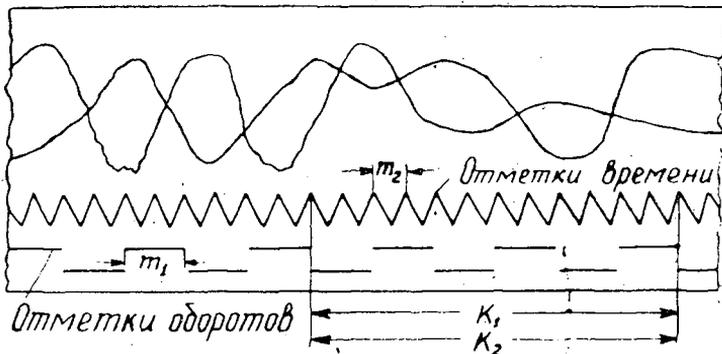


Рис. 3.

Переменное сопротивление служит для установки расчетного значения тока в вибраторе. Обычно это магазин шунтов и добавочных сопротивлений типа Р155 или Р11, входящих в комплект тензометрической установки. При таком устройстве и включении отметчик за один оборот колеса вагона запишет  $z$  прерывистых линий. Имея на осциллограмме (рис. 3) отметки времени через определенные промежутки и отметки оборота колеса, среднюю линейную скорость  $v_{\text{ср}}$  движения вагона ( $\text{млсек}$ ) определим по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{k_1 m_1}{k_2 m_2}, \quad (1)$$

где  $k_1$  — число отметок оборотов колеса на некотором участке осциллограммы;

$k_2$  — число отметок времени на этом же участке;

$m_1$  — масштаб отметок пути колеса, м;

$m_2$  — масштаб отметок времени, сек.

Величину  $m_1$  находят из выражения

$$m_1 = \frac{S}{z} = \frac{2\pi R}{z}, \quad (2)$$

здесь  $S$  — путь, проходимый колесом с радиусом качения  $R$  за один оборот, м;

$z$  — число частей, на которое разделена поверхность барабана.

Для четкости записи отметок времени необходимо так выбрать значение  $m_2$ , чтобы одна отметка записывалась длиной  $l \geq 2 \div 3$  мм

$$m_2 = \frac{v_0}{l}, \quad (3)$$

где  $v_0$  — скорость протягивания фотоленты (мм/сек), выбирается в зависимости от быстроты протекания исследуемого процесса. С этой точки зрения наиболее выгоден отметчик типа П-104. Его подключают непосредственно к зажимам вибраторов 5 или 8 типов осциллографа МПО-2, он обеспечивает запись синусоидальных колебаний частотой 1, 10, 100 и 1000 пер/сек. Применение его при дорожных испытаниях позволяет, с одной стороны, не занимать один из каналов усилителя, а с другой — выбрать нужное значение  $m_2$ .

Описанный отметчик оборотов может быть применен для определения скорости и пройденного пути при испытании большинства лесотранспортных средств, занятых на подвозке и вывозке леса, а также средней угловой скорости вращения вала  $\omega_{\text{ср}}$  или числа оборотов  $n_{\text{ср}}$  из следующего выражения:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\pi n_{\text{ср}}}{30} = \frac{\pi m_3 k_1}{30 m_2 k_2}. \quad (4)$$

В этом выражении  $m_3 = \frac{1}{z}$  — масштаб отметок оборотов вала.

В заключение следует отметить, что рассмотренный отметчик оборотов надежен в работе и достаточно прост. Он хорошо работает при вертикальных и поперечных колебаниях исследуемых деталей машин. Все работы, связанные с его изготовлением, выполнимы одним рабочим в течение одного-двух дней непосредственно в условиях производства эксперимента. Наличие нескольких барабанов-коллекторов с различным числом контактов (от одного до четырех и более) делает возможным определять скорость движения в широких диапазонах и с достаточной для опыта точностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Высоцкий. Динамометрирование сельскохозяйственных машин. Машгиз, 1954. [2]. П. Н. Бутин. Исследование лесотранспортных средств в условиях эксплуатации. Сборник работ по обмену производственным и научным опытом в лесной промышленности. Гослесбуиздат, 1963.

## К ВОПРОСУ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НОРМАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СНЕГО-ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ \*

Ф. А. ПАВЛОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

По данным ЦНИИМЭ [6], для обеспечения зимней вывозки леса ежегодно строят и эксплуатируют свыше 28 тыс. км ледяных и снежных дорог. В настоящее время находятся в стадии внедрения высокопроизводительные снегоуплотняющие машины, создающие оледенелое покрытие за один проход на снежном покрове любой толщины.

Прочность получаемых снего-ледяных покрытий оценивают степенью льдистости, которая достигается либо поливом проезжей части дороги, либо расплавлением определенного объема снега в покрове. Расход воды в одном случае и топлива в другом обуславливается потребной толщиной покрытия. Потребная толщина покрытия из снежного льда может быть установлена при оценке напряженного состояния покрытия.

Данная работа имеет целью рассмотрение вопроса о величине и характере распределения нормальных вертикальных напряжений в покрытии из снегового льда.

Если учесть невысокую степень ровности мерзлого грунта как основания, то даже при уплотнении слоев снега толщиной 25—30 см дорожная одежда будет трехслойной. При наращивании льда на поливных дорогах на контакте с поверхностью земли вследствие возгонки образуется тонкий слой разрыхленной ледяной структуры. Из этого следует, что обычно между слоем льда и мерзлым грунтом находится тонкий слой менее плотного снега или льда. По данным наблюдений плотность этого слоя составляет 0,46—0,48 г/см<sup>3</sup>, высота его обычно от 2 до 5 см. Наличие тонкого промежуточного слоя обуславливает перераспределение напряжений, возникающих в покрытии. В случае, когда напряжения в плите на контакте с ним превысят допустимые ( $\sigma > \sigma_{\text{доп}}$ ) полоса нака-та может прогибаться, в худшем случае проламываться.

### *Расчет нормальных напряжений*

Применение теории упругости для расчета ледяных плит, даже без учета таких факторов, как несовершенная упругость льда, явление релаксации и др. дало положительные результаты [1], [2], [5].

\* Работа выполнена под руководством доц. В. В. Щелкунова.

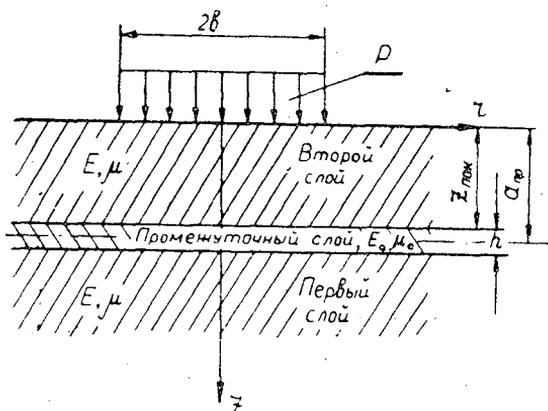


Рис. 1.

При наличии сравнительно легко деформируемого тонкого слоя между покрытием и основанием решение облегчается благодаря применению приближенного расчета, разработанного К. К. Туроверовым [8] и Р. М. Раппопорт [7]. В этом случае слабый слой компенсируется приведенной толщиной покрытия  $a_{пр}$ , и полученная система рассматривается как двухслойная. Расчетная схема одежды из снегового льда показана на рис. 1. К поверхности упругого полупространства приложена нормальная нагрузка интенсивностью  $P$ , распределенная по площади круга радиусом  $b$ , эквивалентного отпечатку расчетного автомобиля.

При построении расчетных формул использованы следующие обозначения:

- $E, \mu$  — модуль деформации и коэффициент Пуассона для снегового льда. В данном расчете эти величины для льда и мерзлого грунта при одной и той же температуре приняты одинаковыми. Коэффициент сжимаемости мелкодисперсных суглинистых грунтов при  $t = -4^\circ\text{C}$  равен 0,0010; для грунтового льда при этой же температуре — 0,0014 [3];
- $E_0, \mu_0$  — модуль деформации и коэффициент Пуассона для слабого промежуточного слоя снега;
- $z_{пок}$  — толщина покрытия;
- $h$  — толщина промежуточного слоя;
- $a_{пр}$  — приведенная толщина верхнего слоя

$$\eta = \frac{z}{a_{пр}}; \beta = \frac{b}{a_{пр}}.$$

При допущениях, указанных К. К. Туроверовым [8], конечное выражение для нормальных напряжений под центром отпечатка имеет следующий вид:

$$\sigma_z = -P\beta \int_0^\infty \left\{ A + B [1 + \alpha(\eta - 1)] + C\alpha(1 - \eta) \left( 1 - e^{-2\alpha(1-\eta)} \right) + D \left[ \left( 1 - e^{-2\alpha(1-\eta)} \right) - \alpha(1 - \eta) \left( 1 + e^{-2\alpha(1-\eta)} \right) \right] \right\} e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\beta) d\alpha, \quad (1)$$

где

$$A = -\frac{1}{\Delta} \left[ \alpha + \frac{\alpha^2 \psi k_2}{4} \left( 1 - e^{-2\alpha} \right) \right]; \quad (2)$$

$$B = -\frac{1}{\Delta} \left\{ 1 + \frac{\alpha\psi k_2}{4} \left\{ \frac{k_1}{k_2} + \alpha \left( \frac{k_1}{k_2} - 1 \right) - e^{-2\alpha} \left[ \frac{k_1}{k_2} - \alpha \left( \frac{k_1}{k_2} + 1 \right) \right] \right\} \right\}; \quad (3)$$

$$C = \frac{\alpha\psi k_1}{4} A; \quad D = \frac{\alpha\psi k_2}{4} (A + B);$$

$$\Delta = -1 - \frac{\alpha\psi k_2}{4} \left\{ 1 + \frac{k_1}{k_2} + \frac{\alpha\psi k_1}{4} - e^{-2\alpha} \left[ 1 + \frac{k_1}{k_2} + 2\alpha \left( 1 - \frac{k_1}{k_2} + \frac{\psi k_1}{4} \right) + 2\alpha^2 \left( 1 + \frac{k_1}{k_2} \right) + \alpha^3 \psi k_1 \right] + \frac{\alpha\psi k_1}{4} e^{-4\alpha} \right\}. \quad (4)$$

В выражениях приняты следующие обозначения:

$\alpha$  — переменная интегрирования;

$I_1(\alpha\beta)$  — функция Бесселя первого порядка, первого рода;

$\psi$  — коэффициент, равный  $\frac{E}{(1-\mu^2)a_{np}}$ .

Коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  в формулах (2), (3) и (4) характеризуют податливость слабого промежуточного слоя при сжатии и срезе, когда напряжения в нем  $\sigma$  и  $\tau$  равны 1. Их определяют по формулам:

$$k_1 = \frac{2(1+\mu_0)}{E_0} h; \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{h}{E_0}; \quad (6)$$

$$k_1 = 2(1+\mu_0)k_2. \quad (7)$$

Мы выполнили расчет напряжений  $\sigma_z$  по формуле (1) при следующих данных.

Расчетное покрытие представляет собой снеговой лед плотностью 0,57—0,60 г/см<sup>3</sup>;  $E = 480$  кг/см<sup>2</sup> [1] и  $\mu = 0,36$  [4]. Промежуточный слой имеет плотность 0,46—0,48 г/см<sup>3</sup>;  $E = 70,7$  кг/см<sup>2</sup> и  $\mu_0 = 0,107$  [1].

В качестве расчетного принят отпечаток одного ската заднего колеса автомобиля ЗИЛ-151, который, по опытным данным, соответствует кругу с диаметром  $2b = 18,2$  см и контактным давлением  $P_p = 3,84$  кг/см<sup>2</sup>.

При расчетах принят отпечаток одного ската, так как при спаренных колесах, как показали опыты, давление от соседнего колеса накладывается при расстоянии между колесами 9 см в нижней части покрытия.

Определение напряжений по формуле (1) возможно численным интегрированием: Интегрирование в данном расчете выполнено способом Симпсона.

С помощью специальных таблиц функции Бесселя [9] для различных  $\eta$  и  $\psi$  при разных величинах  $\alpha$  вычислены значения подынтегральных функций и построены кривые. В качестве примера на рис. 2 приведены кривые подынтегральных функций при  $\eta$ , равном 0; 0,357; 0,642; 0,928, что соответствует глубине от поверхности 0, 5, 9 и 13 и  $\psi = 39,39$ . Значение  $\eta$ , равное 0,928, относится к границе с промежуточным слоем. Уменьшение площадей подынтегральных функций (рис. 2) соответствует уменьшению напряжений  $\sigma_z$  с глубиной. На поверхности покрытия при  $\eta = 0$  подынтегральная функция  $u$  равна  $I_1(\alpha\beta)$ , так как из выражения (1)

$$A + B(1 - \alpha) + C\alpha(1 - e^{-2\alpha}) + D[(1 - e^{-2\alpha}) - \alpha(1 + e^{-2\alpha})] = 1. \quad (8)$$

Это установлено для трех значений  $\psi$  (30,63; 39,39 и 100). Следовательно, на поверхности

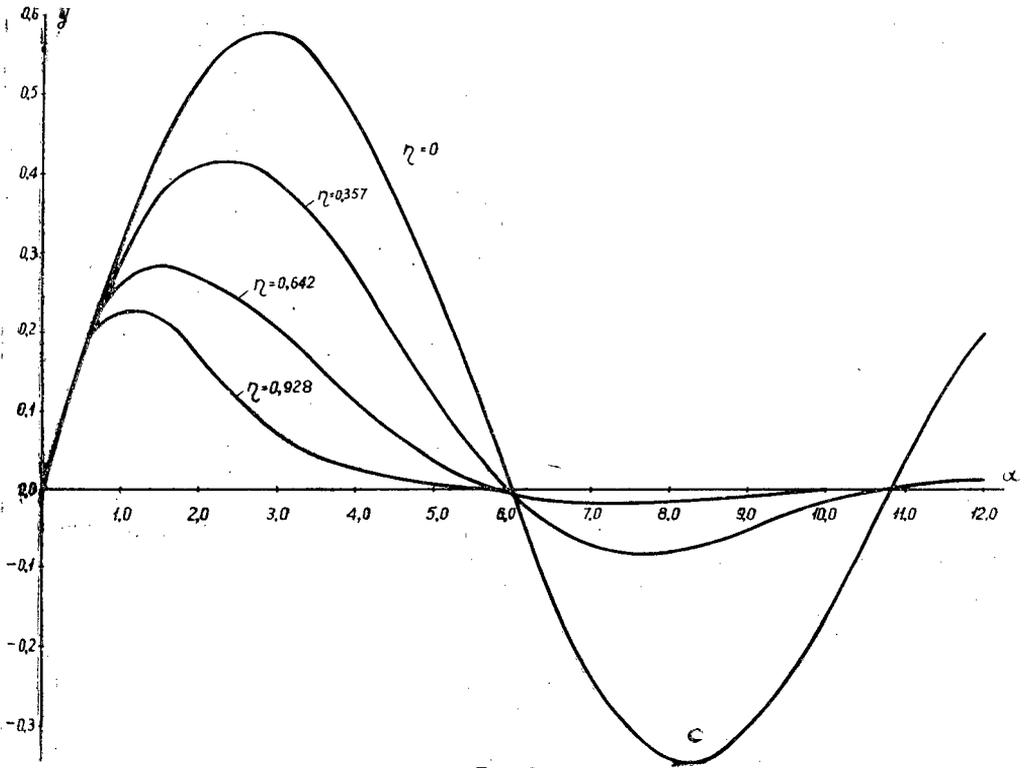


Рис. 2.

$$\sigma_z = -P\beta \int_0^{\infty} I_1(\alpha\beta) d\alpha = -P,$$

так как

$$\int_0^{\infty} I_1(\alpha\beta) d\alpha = \frac{1}{\beta}.$$

С увеличением глубины уменьшается величина  $e^{-\alpha\eta}$ , которая и определяет в основном величину нормального напряжения (характер затухания подынтегральной функции). По формуле (1) были выполнены расчеты напряжений численным интегрированием в нескольких вариантах. Результаты расчета приведены в табл. 1.

В табл. 1  $\delta$  есть отношение толщины промежуточного слоя к толщине покрытия.

Расчет напряжений данным способом требует большой вычислительной работы, поэтому используем выполненные расчеты для нахождения аппроксимирующего выражения для функций:

$$y_1 = \left\{ A + B \left[ 1 + \alpha(\eta - 1) \right] + C\alpha(1 - \eta) \left( 1 - e^{-2\alpha(1 - \eta)} \right) + D \left[ \left( 1 - e^{-2\alpha(1 - \eta)} \right) - \alpha(1 - \eta) \left( 1 + e^{-2\alpha(1 - \eta)} \right) \right] \right\}, \quad (9)$$

являющегося множителем в подынтегральном выражении формулы (1). Для всех вариантов табл. 1 получено, что при указанных значениях  $\psi$  на поверхности ( $\eta = 0$ ) функция  $y_1$  равна 1; кроме того, заметим, что искомое аппроксимирующее выражение есть функция двух

Таблица 1

№ вариантов	$\alpha_{пр}$	$z$	$\psi$	$\eta$	$\delta$	$\beta$	$\sigma_z$
1	6	5	91,91	0,8333	0,4	1,5133	3,15
2	10	9	55,15	0,9000	0,22	0,9080	1,98
3	14	5	39,39	0,3570	0,15	0,6486	3,28
	14	9	39,39	0,6420	0,15	0,6486	2,18
4	14	13	39,39	0,9280	0,15	0,6486	1,34
	15,6	13	35,33	0,8333	0,41	0,5818	1,15
5	18	6,4	30,63	0,3570	0,12	0,5044	3,13
	18	11,5	30,63	0,6420	0,12	0,5044	1,77
	18	16,7	30,63	0,9280	0,12	0,5044	0,97
6	18	17,0	30,63	0,9444	0,12	0,5044	0,95
	18	6,4	100,00	0,3570	0,12	0,5044	3,03
	18	11,5	100,00	0,6420	0,12	0,5044	1,57
	18	17,0	100,00	0,9444	0,12	0,5044	0,70

Примечание. Во всех вариантах  $P_{ср} = 3,84 \text{ кг/см}^2$ .

переменных  $\alpha$  и  $\eta$ . Используя вариант 3, найдем для него аппроксимирующее выражение.

Подставляя значения  $\psi$ ,  $k_1$  и  $k_2$  в выражения (2), (3) и (4), получим следующие выражения:

$$A = \frac{1}{\Delta} \left[ \alpha + 0,2778\alpha^2 (1 - e^{-2\alpha}) \right]; \quad (10)$$

$$B = \frac{1}{\Delta} \left\{ 1 + 0,2778 \left[ 2,2199 + 1,2199\alpha - (2,2199 - 3,2199\alpha) e^{-2\alpha} \right] \right\}; \quad (11)$$

$$C = 0,6167\alpha A; \quad (12)$$

$$D = 0,2778\alpha(A + B); \quad (13)$$

$$\Delta = 1 + 0,2778\alpha \left[ 3,2199 + 0,6167\alpha - (3,2199 - 1,2064\alpha + 6,4388\alpha^2 + 2,4648\alpha^3) + 0,6167e^{-4\alpha} \right]. \quad (14)$$

Используя эти выражения, получим аппроксимирующее выражение для формулы (9) \*

$$y_1 = 1 + \eta\alpha - 0,56\eta \sqrt{\eta\alpha^2} e^{-(1,13 - 0,9\eta)\alpha} \quad (15)$$

в пределах

$$0 \leq \alpha < \infty$$

и

$$0 \leq \eta < 1.$$

Первые два слагаемых формулы (15) получены аналитически выделением целой части из дроби. Третье слагаемое найдено подбором, причем зависимость коэффициентов от  $\eta$  получена методом сечений.

Принтегрируем формулу (1) с введением аппроксимирующего выражения

$$y = y_1 e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\eta). \quad (16)$$

\* Формула (15) получена Л. А. Янковским.

Нормальное напряжение

$$\begin{aligned} \sigma_z &= -P\beta \int_0^\infty y_1 e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\beta) d\alpha = -P\beta \int_0^\infty \left\{ (1 + \eta\alpha - \right. \\ &\quad \left. - 0,56\eta V\bar{\eta} \alpha^2 e^{-(1,13-0,9\eta)\alpha}) e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\beta) d\alpha \right\} = \\ &= -P\beta \left\{ \int_0^\infty e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\beta) d\alpha + \eta \int_0^\infty \alpha e^{-\alpha\eta} I_1(\alpha\beta) d\alpha - \right. \\ &\quad \left. - 0,56\eta^{\frac{3}{2}} \int_0^\infty \alpha^2 e^{-(1,13-0,1\eta)\alpha} I_1(\alpha\beta) d\alpha \right\} = \\ &= -P\beta \left\{ \frac{V\sqrt{\gamma^2 + \beta^2} - \eta}{\beta V\sqrt{\gamma^2 + \beta^2}} + \eta(\gamma^2 + \beta^2)^{-1} \Gamma_{(3)} P_1^{-1} \left( \frac{\eta}{V\sqrt{\gamma^2 + \beta^2}} \right) - \right. \\ &\quad \left. - 0,56\eta^{\frac{3}{2}} [(1,13 + 0,1\eta)^2 + \beta^2]^{-\frac{3}{2}} \Gamma_{(4)} P_2^{-1} \left( \frac{1,13 + 0,1\eta}{V[(1,13 + 0,1\eta)^2 + \beta^2]} \right) \right\} = \\ &= -P \left\{ 1 - \frac{\gamma^3}{(V\sqrt{\gamma^2 + \beta^2})^3} - \frac{1,68\eta V\bar{\eta} (1,13 + 0,1\eta) \beta^2}{[V(1,13 + 0,1\eta)^2 + \beta^2]^3} \right\}, \end{aligned}$$

здесь  $\Gamma(x)$  — «гамма» функции;

$P_\gamma^p(x)$  — шаровые функции I рода.

В общем виде выражение для  $\sigma_z$  имеет следующий вид:

$$\sigma_z = -P \left\{ 1 - \frac{\gamma^3}{(V\sqrt{\gamma^2 + \beta^2})^3} - \frac{m\eta V\bar{\eta} (n + q\eta) \beta^2}{[V(n + q\eta)^2 + \beta^2]^3} \right\}. \quad (17)$$

Как показали расчеты вариантов 5 и 6 (табл. 1), коэффициент  $m$  для  $\psi = 30,63$  равен 0,8, а для  $\psi = 100$  при одной и той же толщине покрытия — 1,45. В то же время коэффициенты  $n$  и  $q$  остаются такими же, как и для варианта 3. Результаты расчетов  $\sigma_z$  при этих коэффициентах по формуле (17) и численным интегрированием показаны на рис. 3.

Из сравнения кривых на рис. 3 видно, что при приближении к промежуточному слою кривые, полученные обоими способами, расходятся сильнее.

Разница в величине напряжений на границе с промежуточным слоем при  $\eta = 0,9444$  составляет при  $\psi = 30,63$  — 10%, а при  $\psi = 100$  — 16%. С уменьшением толщины покрытия до 13 см (вариант 3) эта разница доходит до 30% (рис. 4) при одной и той же толщине промежуточного слоя.

Напряжения на границе с промежуточным слоем, вычисленные по формуле (17), обычно меньше, чем напряжения, полученные численным интегрированием. При этом разница в величине напряжений снижается при уменьшении  $\delta$ , то есть увеличении толщины покрытия при одной и той же толщине слабого слоя.

В программу экспериментальных работ входило получение опытным путем напряжений по толщине снего-ледяного покрытия, возникающих при качении колеса автомобиля ЗИЛ-151. Работы проводили на снежно-ледяной дороге в Плесецком ЛПХ.

Для измерения напряжений в полотне дороги, в среднем через 5 см вмораживали мембранные месдозы (рис. 5). Такая месдоза представляет собой круглую коробку диаметром 4 см, состоящую из верх-

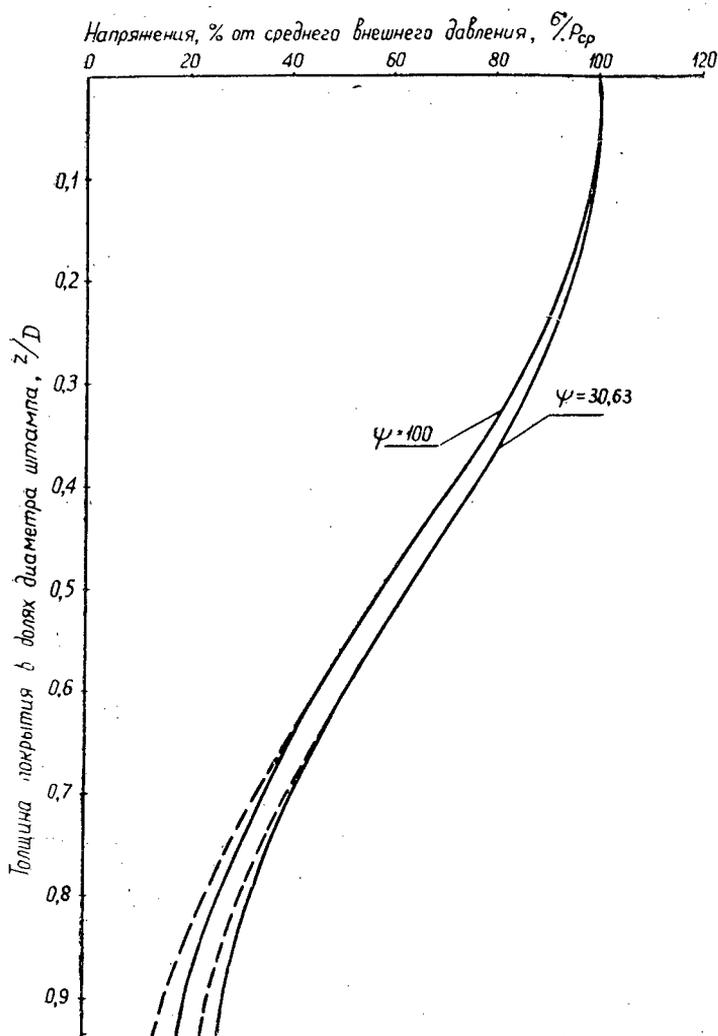


Рис. 3.

ней 1 и нижней 2 крышек. Верхнюю крышку 1 навинчивают на крышку 2. Крышка 1 выполнена из стали У-10 в виде мембраны толщиной 0,3 мм со сферическим штырьком 3. Нижняя крышка 2 изготовлена из дюралюминия. С внутренней стороны к крышке 2 прикреплена пластинка 4 с рабочим тензосметром.

Компенсационный тензосметр наклеен на дно нижней крышки. Воспринимаемое давление передается от рабочей мембраны через сферический штырек 3 на пластинку 4.

С введением сферического штырька 3 и пластинки 4 был образован механический преобразователь мембранной месдозы.

Месдозы подключали к тензосметрической станции УТС-1-В-12. Сигналы регистрировали с помощью осциллографа МПО-2. Образец осциллограммы приведен на рис. 6.

Напряжения были определены при движении автомобиля, так как при этом меньше сказывается влияние релаксации и текучести льда под нагрузкой [5].

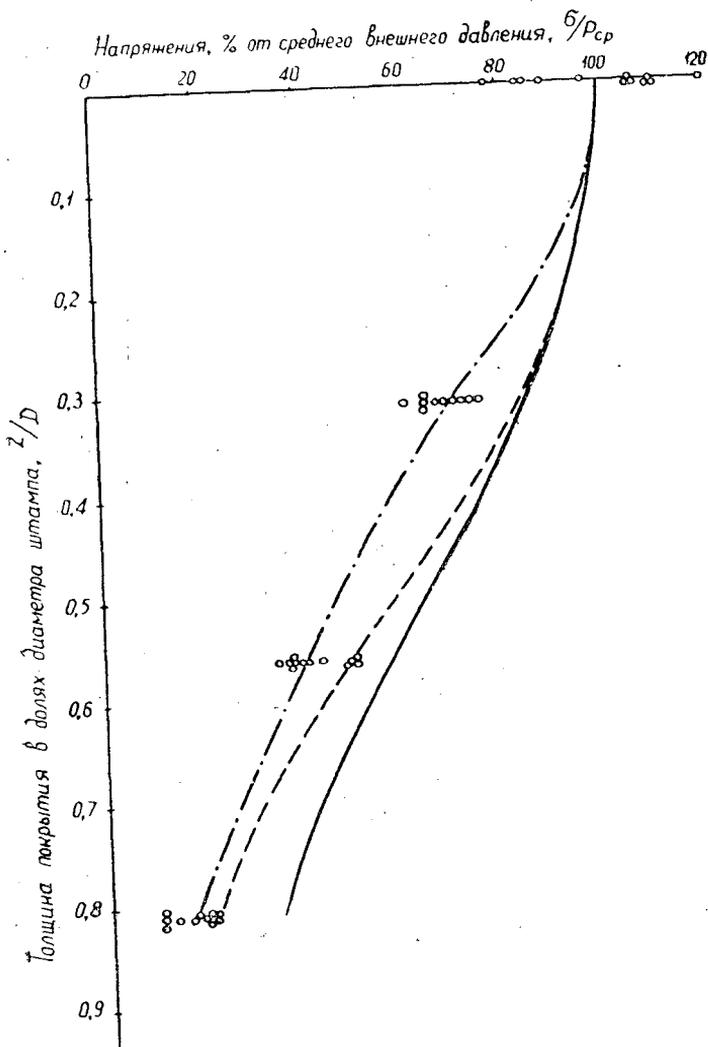


Рис. 4.

1 — кривая, полученная по формуле (17); 2 — полученная по методу К. К. Туроверова; 3 — построенная по опытным данным.

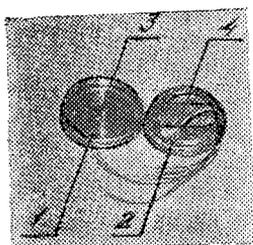


Рис. 5.

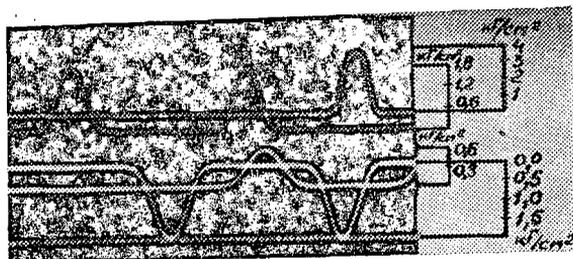


Рис. 6.

Как видно из рис. 4, кривая, построенная по опытным данным, показывает меньшую величину напряжений, возникающих под колесами, чем полученная по формулам (1) и (17). Напряжения, вычислен-

ные по формуле (17), на границе с промежуточным слоем точнее отражают напряженное состояние льда.

Сравнение результатов напряжений, полученных опытным и расчетным путями, показывает их удовлетворительную сходимость по всей глубине.

Введение аппроксимирующего выражения позволяет получить сравнительно простое для вычисления выражение для нормальных вертикальных напряжений при всех значениях  $\psi$ .

Для определения величины коэффициентов  $m$ ,  $q$  и  $n$  могут быть составлены специальные номограммы, при этом следует иметь в виду, что  $\psi$  зависит в основном от двух переменных:  $\frac{E}{1-\mu^2}$  и  $a_{пр}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. А. Амброс. Изучение физико-механических свойств снежно-ледяных покрытий автодорог и аэродромов. Сб. «Вопросы использования снега и борьба со снежными заносами и лавинами», изд. АН СССР, 1956. [2]. С. А. Бернштейн. Ледяная железнодорожная переправа. Сб. 18, Отдел инженерных исследований Научно-технического комитета НКПС, М., Транспечать, 1929. [3]. А. Г. Бродская. Сжимаемость мерзлых грунтов. Изд. АН СССР, 1962. [4]. К. Ф. Войтковский. Механические свойства льда. Изд. АН СССР, 1960. [5]. С. С. Голушкевич. О некоторых задачах теории изгиба ледяного покрова. Воениздат, 1947. [6]. Н. А. Радковский, М. И. Иванов, М. И. Кишинский. Комплексная механизация при устройстве снежно-ледяных дорог. Журн. «Механизация и автоматизация производства» № 9, 1959. [7]. Р. М. Раппопорт. Задача Буссинеска для слоистого упругого полупространства. Труды ЛПИ, № 5, 1948. [8]. К. К. Туроверов. Расчет трехслойного основания при тонком промежуточном слое. Труды ЛТА, № 96, 1961. [9]. Э. А. Чистова. Таблицы функций Бесселя действительного аргумента. Изд. АН СССР, 1958.

Поступила в редакцию  
1 июля 1964 г.

## О РАБОТЕ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПОКРЫТИЯМИ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Б. В. УВАРОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Работа грунтового основания дорожных железобетонных плит в настоящее время изучена недостаточно. Между тем состояние грунтового основания во многом определяет как эксплуатационные качества дороги, так и срок службы плит. Особенно большое значение имеет вопрос о напряженном состоянии основания. Изучение картины распределения напряжений в основании позволит выявить недостатки конструкций плит и стыковых устройств, а также определить требования, которым должно отвечать дорожное земляное полотно.

В лаборатории кафедры сухопутного транспорта леса АЛТИ были проведены опыты по изучению работы грунтового основания при статической нагрузке на плиту. Цель опытов — получение данных о напряженном состоянии основания и его деформациях.

Опыты проводили на стенде, имеющем приспособление для создания нагрузки на плиту в желаемом месте и для подъема и перемещения плит. Нагрузку создавали гидравлическим домкратом и передавали на плиту через стандартный штамп диаметром 32,8 см.

Тип исследуемого основания — слой торфа мощностью 2,5 м с песчаной подушкой толщиной 0,5 м. Торф лесотопяной среднеразложившийся с весовой влажностью 523 ÷ 529%. Песок среднезернистый, на границе с торфом насыщенный водой.

Испытывали железобетонную плиту конструкции А. В. Яковлева, тип I, размер 250 × 100 × 16 см. Стык — упруго-податливый (деревянный брус) [3]. На исследуемое основание укладывали три плиты, нагружали среднюю из них.

Для измерения напряжений в грунте использовали мембранные месдозы с гидропреобразователем. Конструкцию их предложили Д. С. Баранов и Л. М. Бобылев, применившие в опытах металлические месдозы диаметром 80 мм [1], [2]. Давление от грунта у этой месдозы воспринимает верхняя мембрана очень большой жесткости с кольцевой проточкой. Такая мембрана не деформируется под нагрузкой, а работает как поршень, чем достигается меньшее искажение напряжений в грунте у поверхности месдозы. От верхней мембраны давление передается на нижнюю, имеющую значительно меньший диаметр, через жидкость, заполняющую пространство между ними. На нижнюю мембрану приклеивают тензометр, фиксирующий ее прогиб, пропорциональный давлению в жид-

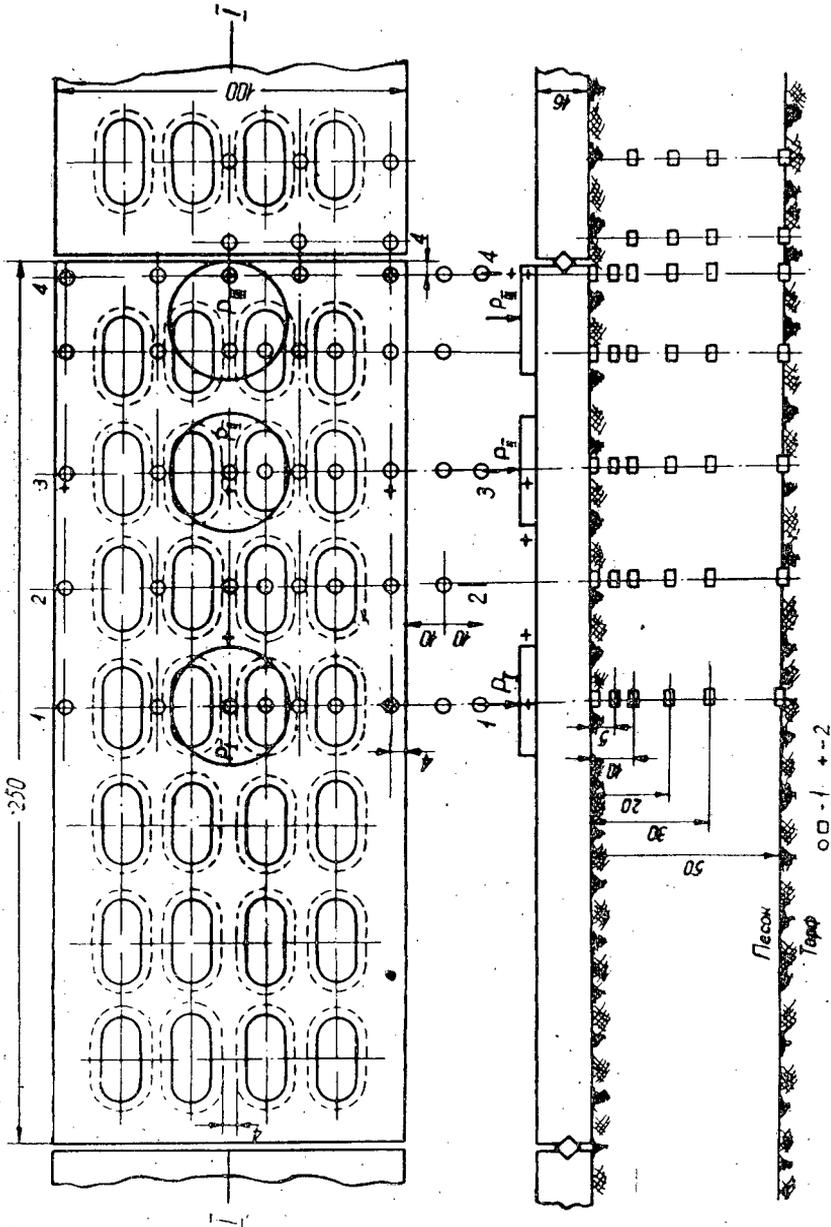


Рис. 1. Схема расположения месдоз, индикаторов и нагрузочных штампов

1 — месдозы; 2 — индикаторы.

жести. Применение гидропреобразователей позволяет повысить жесткость месдоз, не снижая их чувствительности, и добиться сравнительно равномерного распределения давления грунта на чувствительную поверхность месдоз. Все это приводит к увеличению точности измерений.

Для измерения напряжений на контакте решетчатой плиты с грунтом месдозы диаметром 80 мм не могут быть применены, так как наименьшая ширина опорных площадок решетки плиты равна 40 мм. В лаборатории кафедры была сконструирована месдоза с гидропреобразователем диаметром 35 мм, корпус и малая мембрана которой изготовлены из органического стекла. Применение органического стекла упрощает процесс изготовления месдоз, так как детали соединяются при помощи склейки, а также исключает коррозию корпуса месдозы.

В отличие от конструкции Д. С. Баранова и Л. М. Бобылева у данной месдозы верхняя мембрана, изготовленная из целлулоида, имеет значительно меньшую жесткость, чем нижняя. Кроме того, ее приклеивают к корпусу месдозы, то есть она не имеет кольцевой проточки. Таким образом, верхняя мембрана при нагрузке свободно деформируется. Давление грунта, действующее на мембрану, почти по всей поверхности ее близко по величине к давлению в жидкости, то есть постоянно.

Отношение диаметров мембран принято равным двум. Толщина малой мембраны — 0,7 мм, что обеспечивает нужную чувствительность месдоз.

Отношение высоты месдозы к ее диаметру равно 0,20. В качестве заполнителя для гидропреобразователя использован глицерин. Для измерения прогиба малой мембраны применен тензометр из константановой фольги базой 10 мм Томского завода математических машин.

Месдозы тарировали в песке в тарировочном устройстве, позволяющем получить одноосное сжатие. Давление на песок создавали воздухом через резиновую диафрагму. Тарировка сделана для напряжений в пределах от 0 до 1,500 кг/см<sup>2</sup> через 0,250 кг/см<sup>2</sup>. В этих пределах характеристика месдоз близка к линейной.

Месдозы в количестве 35 шт. закладывали в грунт на одной половине плиты по горизонтальным сечениям песчаной подушки последовательно: на контакте плиты с основанием, на глубине 5, 10, 20, 30 и 50 см. Последнее сечение соответствует контакту песка с торфом (рис. 1).

После закладки месдоз основание каждый раз тщательно разравнивали и проверяли по уровню. Однако, как показали предварительные опыты, даже при хорошо выровненной поверхности грунта не обеспечивается надлежащего прилегания плиты к основанию, и распределение напряжений на контакте не подчиняется какой-либо закономерности. Поэтому перед началом измерений плиту подвергали вибрации при помощи эксцентрикового вибратора в течение 10 мин. В результате этого достигалось достаточно равномерное прилегание плиты к основанию, а эпюры реактивных напряжений получались удовлетворительными. После вибрации отверстия плиты засыпали песком, забивали стыковые брусья и выполняли повторное вибрирование.

Напряженное состояние основания исследовали при трех положениях нагрузочного штампа относительно плиты (рис. 1). Так как месдозы располагались только на половине плиты, то при несимметричном нагружении относительно поперечной оси плиты нагрузку прикладывали дважды на разные ее концы. Нагрузки на штампы были приняты 4000 и 8000 кг.

Показания месдоз, включенных в мостовую схему, регистрировали настенным гальванометром М-25-4. Каждый опыт повторяли 3—4 раза для исключения случайных ошибок.

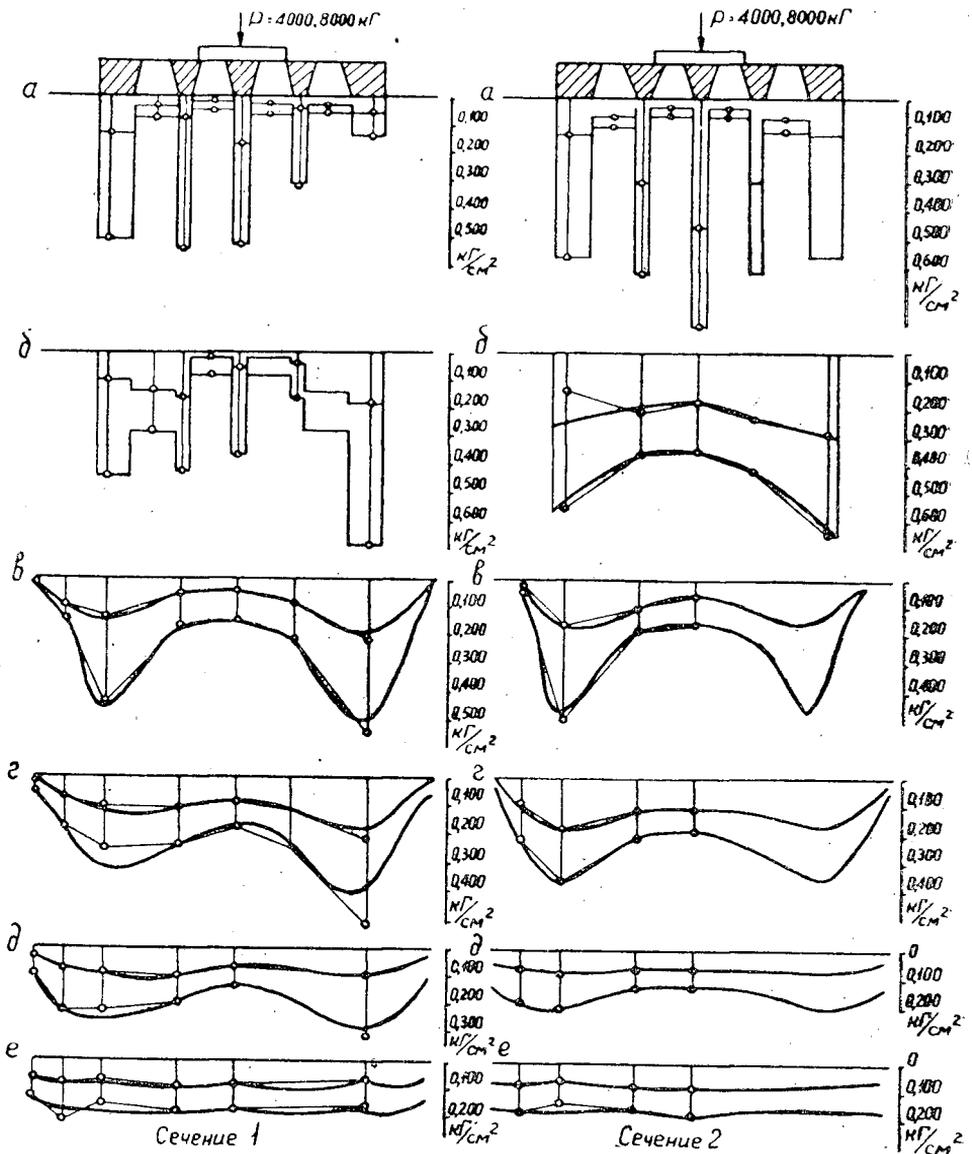


Рис. 2. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 1 и 2.

*а* — на контакте плиты с основанием; *б* — на глубине  $H=15$  см; *в* —  $H=10$  см; *г* —  $H=20$  см; *д* —  $H=30$  см; *е* —  $H=50$  см. Положение нагрузки 1.

В результате опытов получены эпюры вертикальных нормальных напряжений в горизонтальных сечениях песчаной подушки (рис. 2—8). Данные по напряжениям приведены для четырех поперечных сечений плиты 1—4 и для сечения I, соответствующего ее продольной оси, для трех положений нагрузки относительно плиты (рис. 1). Эпюры с меньшими значениями напряжений соответствуют нагрузке на штамп 4000 кг, а с большими — 8000 кг.

Одновременно измеряли осадки плиты. Максимальная нагрузка на штамп также равнялась 8000 кг, но ее прикладывали ступенями через 2000 кг. Осадки измеряли индикаторами часового типа с точностью

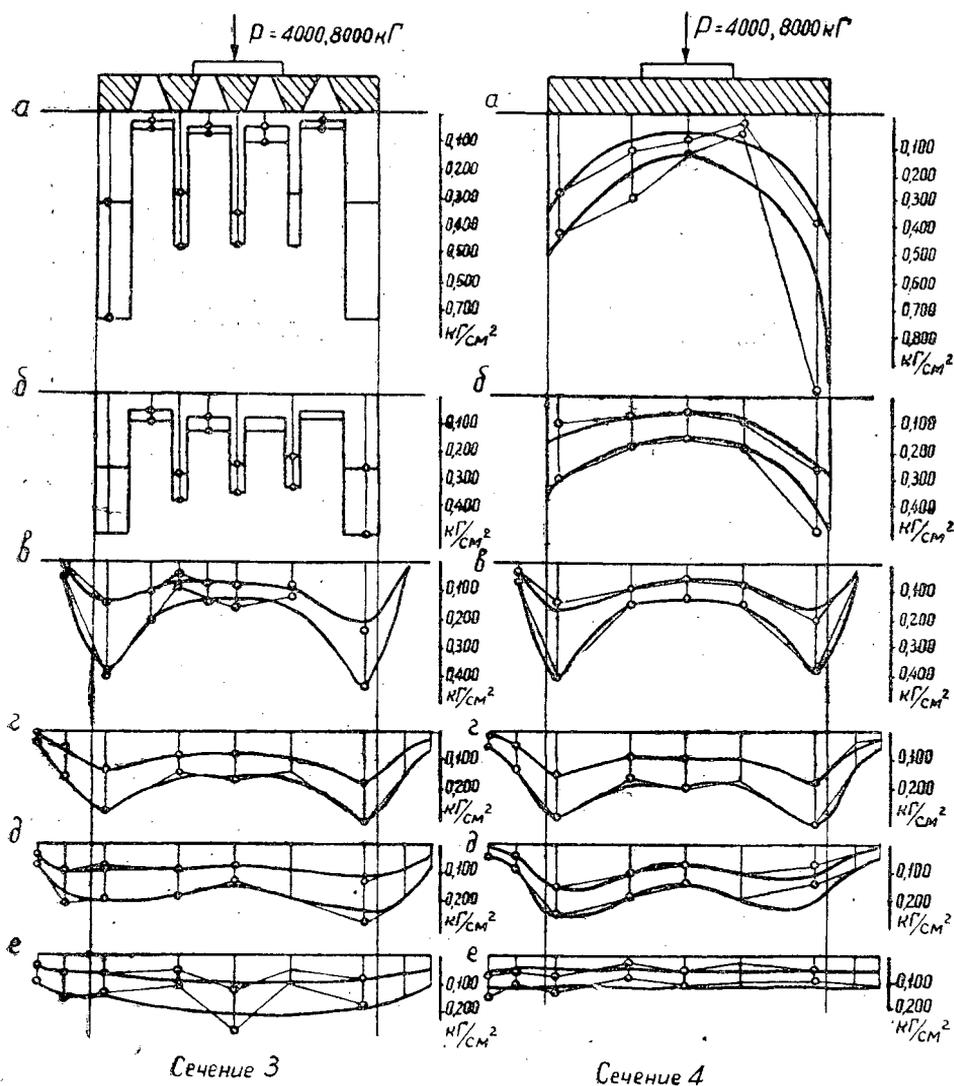


Рис. 3. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 3 и 4. Обозначения те же. Положение нагрузки I.

0,01 мм. В качестве неподвижной базы использовали металлические штанги, забитые в грунт на глубину 4—4,5 м.

Данные по измеренным осадкам в сечении I, при выдержке прикладываемой нагрузки в течение 15 мин, приведены на рис. 9. Каждая сплошная линия соответствует приложению данной ступени нагрузки, пунктирная — разгрузке.

Из результатов опытов видно, что из-за малых размеров опорных площадок решетчатой плиты наблюдаются резкие концентрации реактивного отпора. Концентрация напряжений в отдельных участках плиты вызывает неравномерную работу основания, а также увеличивает напряжения в самой плите.

На глубине 10 см происходит выравнивание напряжений в пределах соседних опорных площадок, и мессоды, расположенные под отверстия-

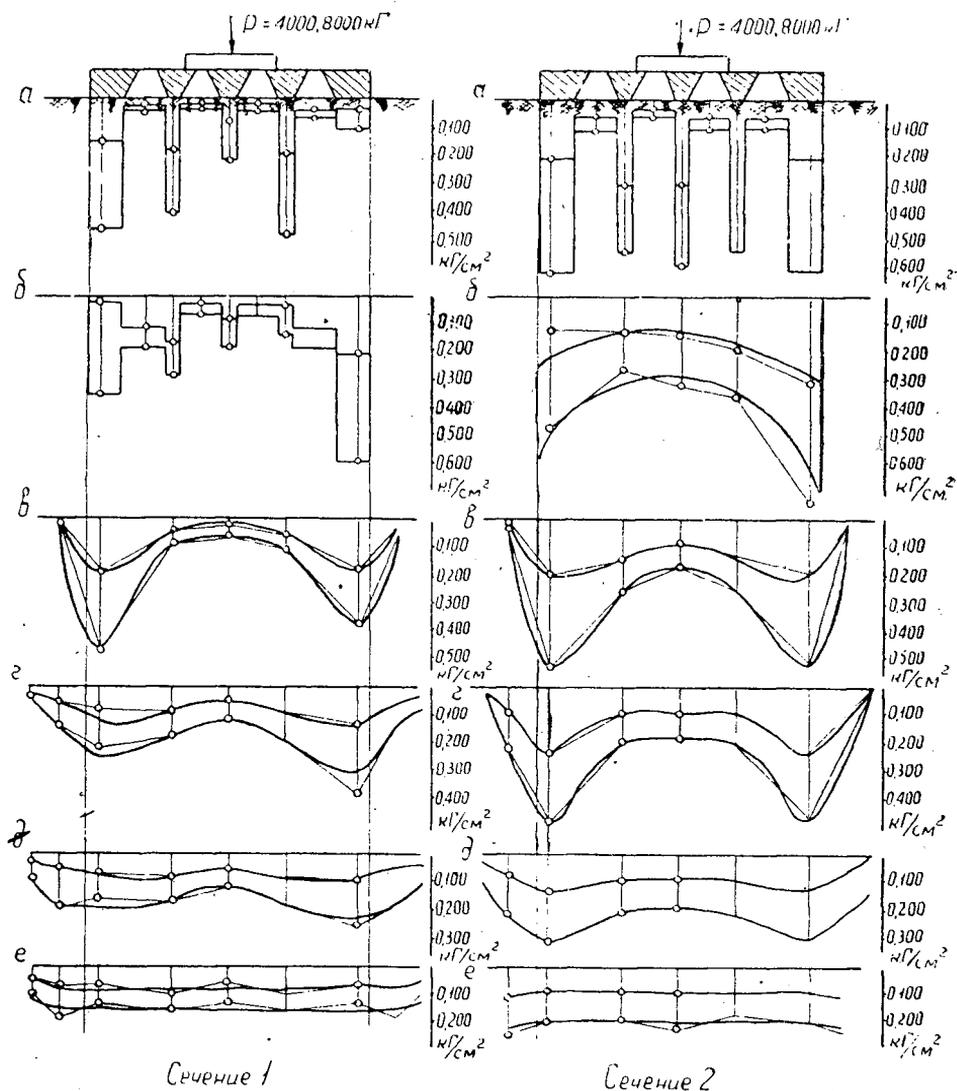


Рис. 4. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 1 и 2. Обозначения те же. Положение нагрузки II.

ми, показывают напряжения одного порядка с месдозами под опорными площадками. Так как эпюра напряжений под плитой на глубине 10 см уже не имеет разрывов, можно узнать суммарную нагрузку в этом сечении путем приближенного вычисления объема эпюры напряжений. Расчет показал, что при нагрузке 8000 кгГ в положении силы I суммарный реактивный отпор на глубине 10 см равняется 7250 кгГ, что составляет около 91% от давления на плиту. Остальные 9% давления воспринимает основание соседних плит. Эти данные говорят о высокой точности показаний месдоз.

При нагрузке в центре плиты (положение I) эпюры напряжений по продольным сечениям седлообразные. Осадка же максимальна в центре плиты, отсюда можно заключить, что действительная схема работы

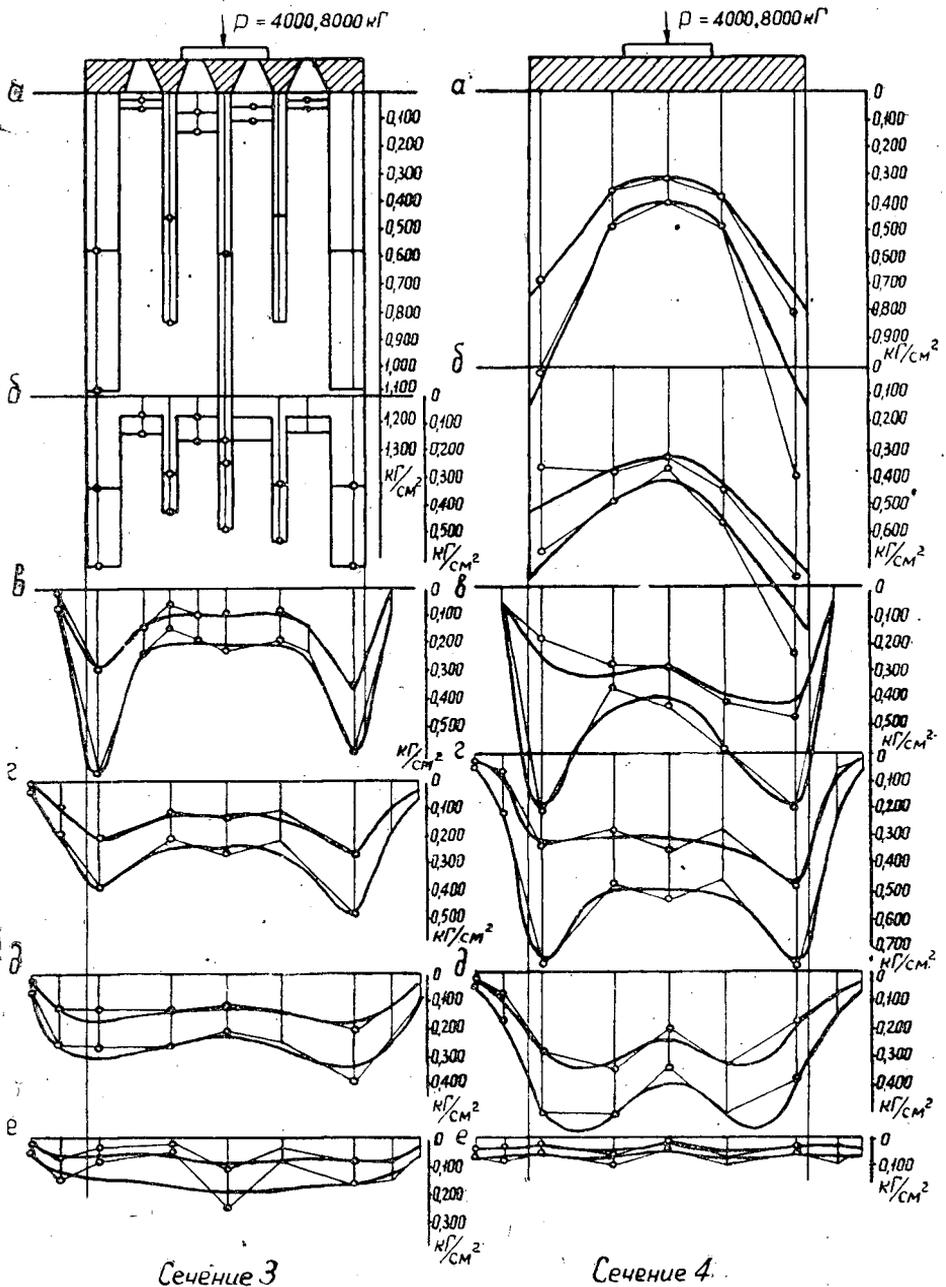


Рис. 5. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 3 и 4. Обозначения те же. Положение нагрузки II.

основания не соответствует гипотезе прямой пропорциональности. Плита изгибается не только в продольном, но и в поперечном направлении, и изгиб достигает максимума в тех поперечных сечениях, в которых приложена нагрузка. При нагрузке 8000 кг в положении I осадка в сечении по оси симметрии плиты больше осадки ее краев на 0,24 мм, в положении II — на 0,42 мм и в положении III — на 0,33 мм. Эпюры напряжений во

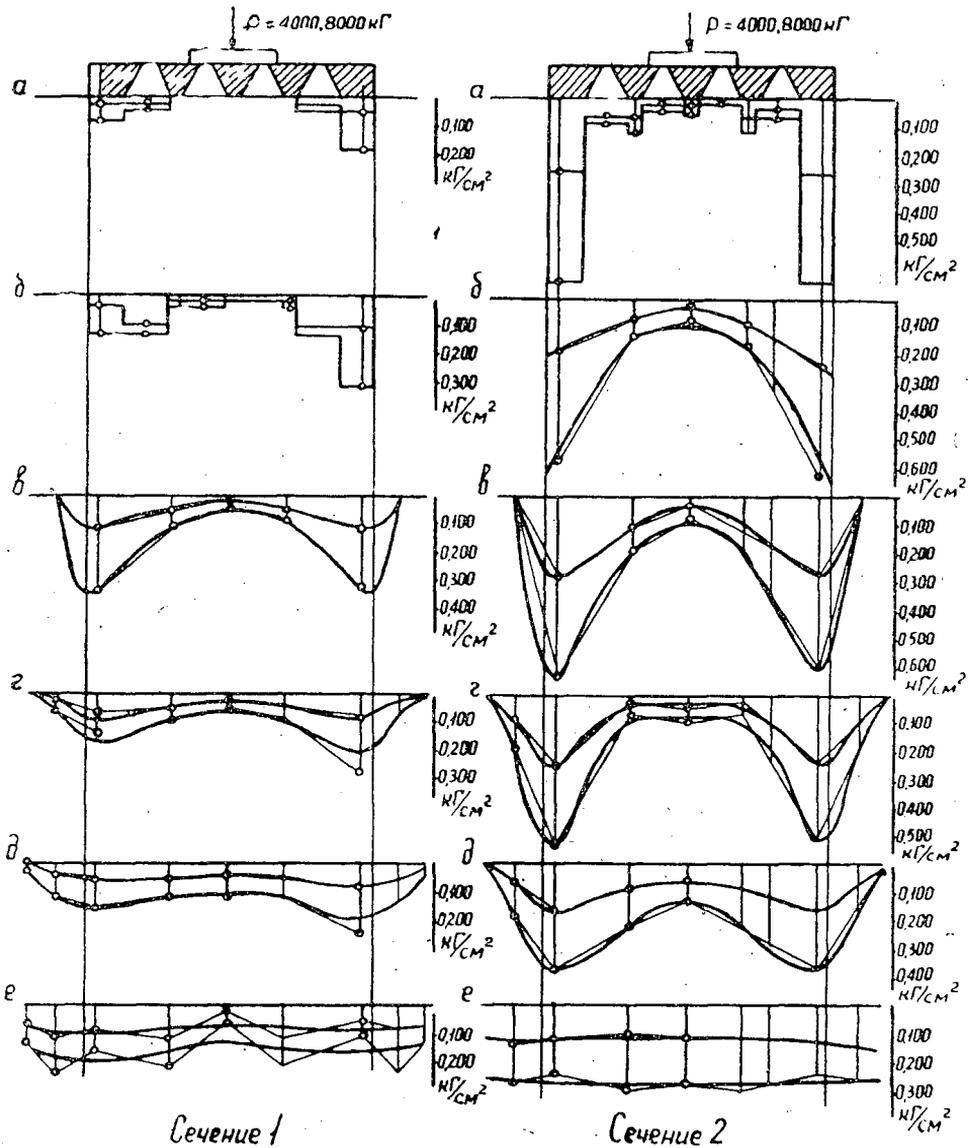


Рис. 6. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 1 и 2. Обозначения те же. Положение нагрузки II.

всех поперечных сечений и при всех положениях нагрузки — седлообразные. С глубиной происходит выравнивание напряжений, и на контакте песка с торфом в поперечных сечениях напряжения можно считать практически постоянными.

Наибольшие напряжения возникают на конце плиты при нагрузке в положении III. При этом зона реактивного отпора занимает от одной трети до половины длины плиты. В остальной части напряжения на контакте плиты с основанием равны нулю. Осадки же плиты наблюдаются в зоне до двух третей ее длины. Остальная часть плиты поднимается выше первоначального положения. Наличие осадок в той части, где реактивные напряжения равны нулю, можно объяснить тем, что поверхность

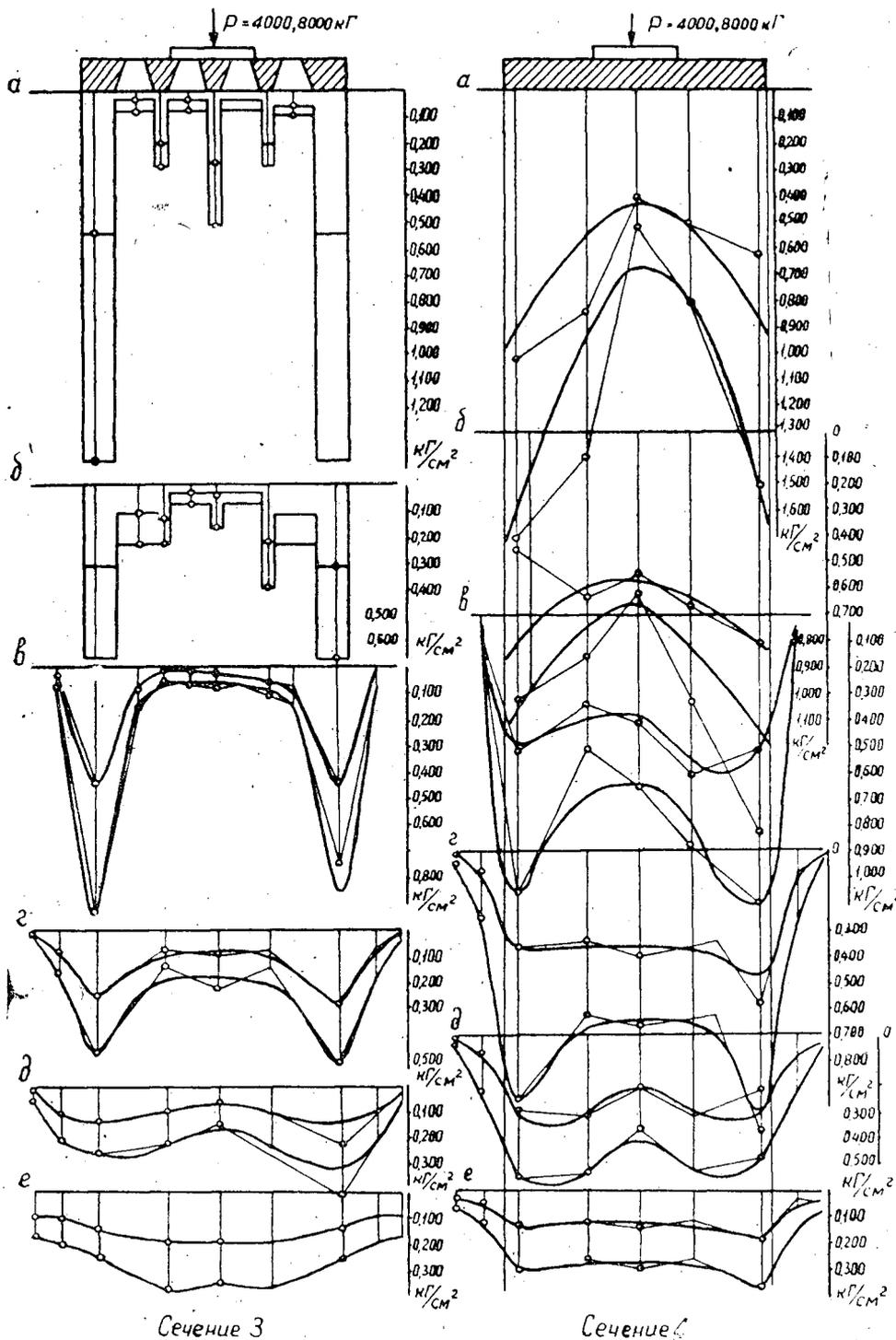


Рис. 7. Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечениях 3 и 4. Обозначения те же. Положение нагрузки III.

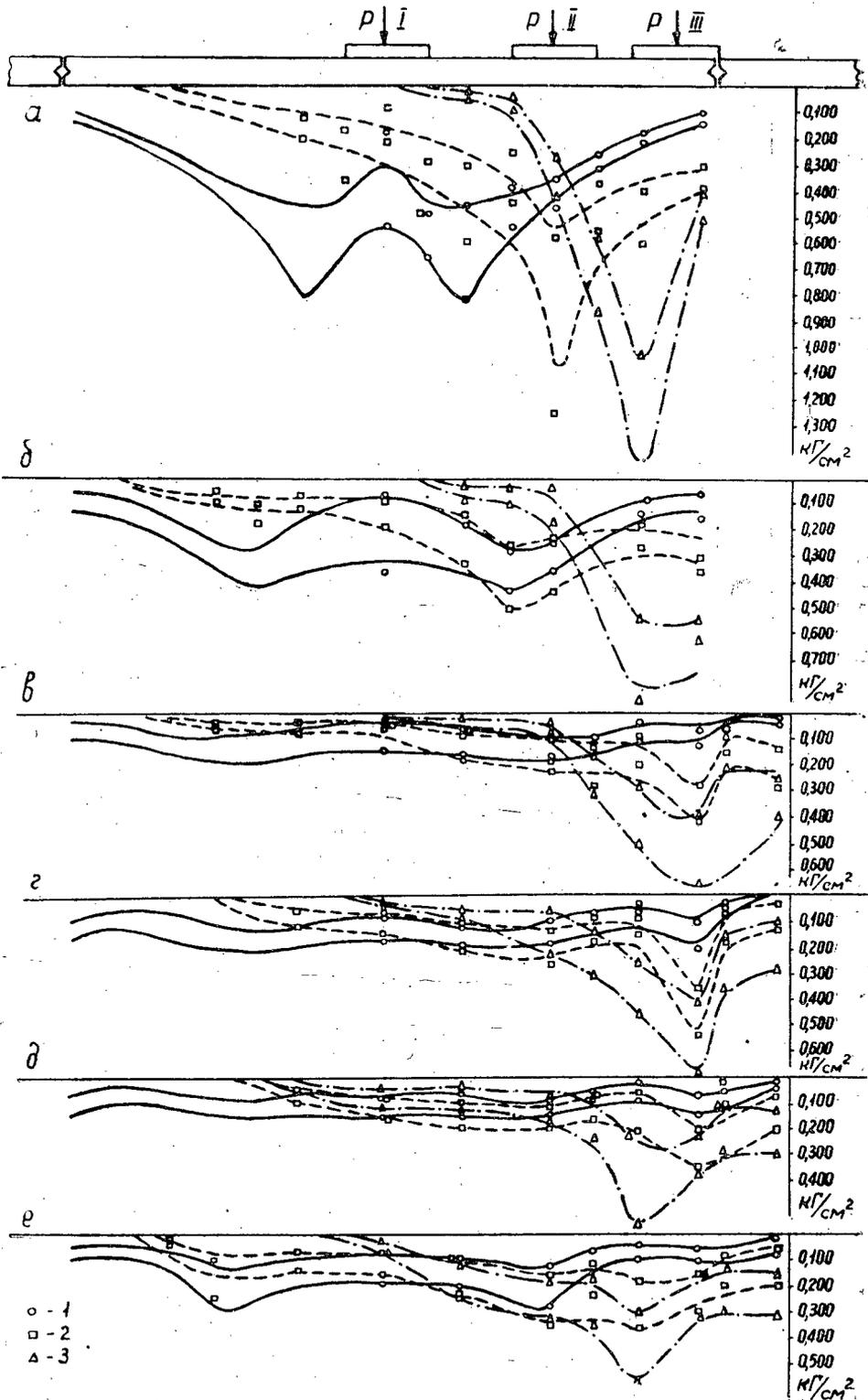


Рис. 8 Опытные эпюры вертикальных нормальных напряжений в сечении I. Обозначения те же.

1 — положение нагрузки I; 2 — положение нагрузки II; 3 — положение нагрузки III.

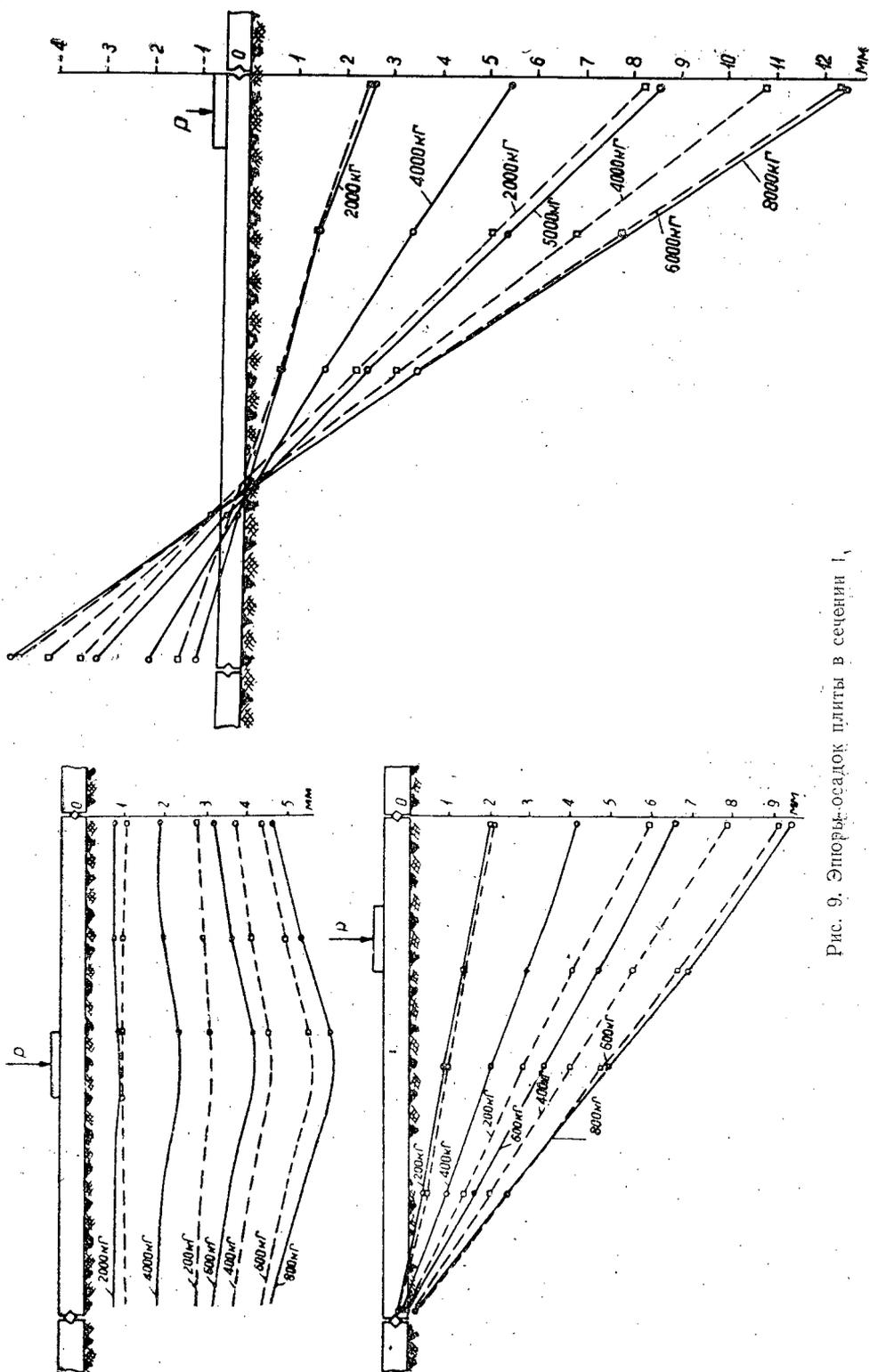


Рис. 9. Энергия осадок плиты в сечении I.

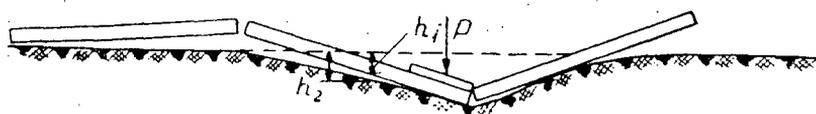


Рис. 10. Схема положения плит после деформации основания.  
Нагрузка в положении III.

деформированного основания не совпадает с упругой линией изгиба плиты. Поверхность основания здесь деформируется на величину, большую осадки плиты в этом же месте (рис. 10). Таким образом, здесь также происходит отрыв плиты от основания, хотя в общем она в этой зоне дает осадку. Резкая концентрация напряжений в зоне стыка при данной его конструкции приводит к развитию пластических деформаций и быстрому расстройству стыка.

При толщине песчаной подушки 0,5 м напряжения, передаваемые на торф в зоне стыка при нагрузке на конце плиты, в 1,5 раза превышают средние напряжения на подошве.

После снятия нагрузки плита весьма медленно (через 2—3 час) возвращается в положение, близкое к первоначальному. Следовательно, скорость восстановления упругой деформации весьма мала. Гистерезис циклов нагрузки и разгрузки также весьма большой (рис. 9). Все это объясняется сильно выраженными реологическими свойствами испытываемого основания. В процессе опытов изучали вопрос о времени деформации основания плиты. Оказалось, что при 15-минутной выдержке после приложения нагрузки осадка плиты практически прекращается. Заметим, что при испытании узкоколейных шпал на этом основании осадка практически прекращалась при 3-минутной выдержке после приложения нагрузки. По-видимому, реологические свойства рассматриваемого основания зависят от площади приложения нагрузки. Вопрос этот подлежит дальнейшему исследованию.

Как уже отмечалось, даже при очень хорошо спланированном основании решетчатая плита без предварительной вибрации неравномерно прилегает к основанию. Это явление в еще большей мере будет проявляться при постройке автомобильных дорог из железобетонных решетчатых плит. Первое время после укладки плит до их «приработки» основание будет испытывать весьма неравномерное напряжение, и в нем неизбежны пластические деформации, а в плите могут возникать большие напряжения. В связи с этим до начала эксплуатации дороги плиты следует подвергать предварительному вибрированию. Эти работы должны быть включены в общий комплекс строительства дороги.

Материалы, полученные в результате опытов, предварительны, требуют проверки в производственных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. С. Баранов. Выбор основных параметров грунтовых месдоз из условий наименьшего искажения измеряемых давлений. Труды ЦНИИ строительных конструкций, вып. 14, 1962. [2] Л. М. Бобылев. Месдоза для измерения динамических давлений в грунтах и приспособления для ее тарировки. Журн. «Транспортное строительство» № 8, 1963. [3] Н. И. Скрипов. Сборное железобетонное покрытие на лесовозных дорогах. Гослесбуиздат, 1962.

Поступила в редакцию  
18 апреля 1964 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКИ  
ДРЕВЕСИНЫ ТОНКИМИ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ**А. Э. ГРУБЕ**

Профессор, доктор технических наук

**В. И. САНЕВ**

Кандидат технических наук

**В. К. ПАШКОВ**

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Экономное расходование сырья на стадиях производственного процесса имеет большое значение для всех деревообрабатывающих предприятий.

При продольной распиловке материала экономия древесины может быть достигнута за счет уменьшения ширины пропила при использовании более тонких круглых пил. Однако в последнее время такие пилы не находят применения в промышленности и выпуск их даже не предусмотрен современными ГОСТами на дереворежущие инструменты из-за малой поперечной жесткости тонких круглых пил при работе, высокой чувствительности их к различным внешним возмущениям в процессе распиловки и низкой боковой устойчивости.

Переход к более толстым пилам в отечественной практике распиловки древесины, по нашему мнению, вызван не столько сложившейся необходимостью, сколько слабой изученностью всесторонних вопросов устойчивости пил в работе, в частности, тонких.

В силу этого обстоятельства проблема повышения устойчивости тонких пил на основе объективного анализа комплекса факторов, влияющих на процесс распиловки, приобретает важное народнохозяйственное значение. Успешное решение этой проблемы открывает реальный и эффективный путь снижения отходов древесины в опилки. Ранее осуществленное исследование показывает, что тонкий диск круглой пилы весьма чувствителен к боковым силам и другим нестационарным во времени возмущениям. При соответствующих условиях диск теряет устойчивость в пропиле, что приводит к нарушению прямолинейности реза. Под устойчивостью в данном случае понимают способность диска сохранять заданное положение в пространстве при действии на него продольных и поперечных сил в процессе распиловки материала.

На устойчивость дисков в работе оказывают влияние многочисленные факторы, связанные с их подготовкой, установкой в станке и эксплуатацией. Основные из них — температурные напряжения из-за неравномерного нагрева, аксиальные колебания, вибрация диска в условиях

недостаточной отстройке его от резонанса, неоднородность свойств древесины, недостаточная по качеству выверка полотна при установке в станке, перебазирование материала в процессе распиловки и ряд других эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов.

Отмеченные факторы, очевидно, оказывают не только индивидуальное, но и комплексное влияние на характер процесса распиловки. В ряде случаев может оказаться, что отрицательный по своей природе фактор в комплексе с другими способен даже улучшить процесс, а иногда он усиливается комплексом других факторов и становится труднопреодолимым препятствием в обеспечении нужного качества.

Рассмотрим некоторые основные факторы, имеющие отношение к вопросу устойчивости дисков в пропилах в период распиловки древесины.

На процесс распиловки значительное влияние оказывает структура древесины, характеризующаяся наличием годовичных слоев, сучков, косо-слоя, свилеватости и прочее.

Годичные слои, как известно, имеют различные физико-механические свойства, поэтому диск пилы, находясь в зоне между годовичными слоями, может испытывать различные боковые воздействия. Неуравновешенность боковых сил может создать условия для уводки диска, если режим пиления и жесткость диска не согласуются с этим явлением.

До настоящего времени фактор асимметричного действия боковых сил не имел существенного значения, так как использовали пилы достаточно толстые с большой поперечной жесткостью. Применение же тонких пил с пониженной боковой жесткостью вызывает необходимость изучения этого фактора с тем, чтобы успешно локализовать его влияние в процессе распиловки материала.

Каждый годовичный слой состоит из двух частей (в соответствии со временем образования в течение вегетационного периода) — светлоокрашенной мягкой ранней и темноокрашенной твердой поздней древесины. Мы экспериментально определили упругие и пластические свойства ранней и поздней древесины.

Для этого были изготовлены образцы из двух слоев ранней и одного слоя поздней и двух слоев поздней и одного слоя ранней древесины сосны с влажностью 10—12%. Затем эти образцы подвергли сжатию с замером упругих и остаточных деформаций.

Результаты проведенных опытов позволяют сделать следующие заключения: 1) деформации слоев ранней и поздней древесины при различных нагрузках (при сжатии в поперечном направлении к волокнам) имеют определенную устойчивую закономерность. Ранняя древесина при нагрузках от 10 до 45 кг/см<sup>2</sup> деформируется приблизительно на 10—15% к первоначальной толщине, при нагрузках от 45 до 75 кг/см<sup>2</sup> — приблизительно на 40%, при нагрузках от 75 до 125 кг/см<sup>2</sup> — на 50%, дальнейшее увеличение нагрузки до 400 кг вызывает незначительные деформации образца в пределах до 60% к первоначальной толщине; 2) деформации слоев поздней древесины по величине в 4—5 раз меньше, чем ранней (при сравнимых нагрузках), и интенсивность деформации значительно меньше; 3) в поздней древесине процент остаточных деформаций несколько растет с увеличением нагрузки, примерно та же закономерность справедлива и для ранней; для поздней процент упругой деформации составляет приблизительно 25% ко всей деформации образца, в то время как для ранней древесины — 14—16%, причем величина максимальной упругой деформации для поздней древесины равна 400 кг/см<sup>2</sup>, а для ранней — 100 кг/см<sup>2</sup>; 4) при проведении опытов наблюдалось, что слои поздней древесины не имеют участка разрушения клеток и незначительная деформация на 1—2% к первоначальной толщине

образца наблюдается лишь при  $65 \text{ кг/см}^2$ ; клетки ранней древесины при  $45 \text{ кг/см}^2$  разрушаются на 40—45% к первоначальной толщине, что объясняется разницей в клеточном строении поздней и ранней древесины.

Анализируя полученные общие данные по деформации слоев ранней и поздней древесины, можно сделать вывод о том, что диск пилы, попав в зону раздела слоев, испытывает действие различных по величине боковых сил. Эти реактивные силы со стороны поздней древесины в 4—5 раз больше, чем со стороны ранней. Следовательно, толщина диска должна обеспечить достаточную жесткость, чтобы противостоять асимметричному действию боковых сил.

При определении удельной работы резания в зависимости от величины подачи материала на нож были использованы также образцы из слоев поздней и ранней древесины. Так как очень сложно подготовить образцы для пиления на лабораторном копре, то в качестве сравнительного приема определяли удельную работу резания при фрезеровании.

По результатам наблюдений можно сделать следующие выводы: 1) при подаче на нож, равной  $0,05 \text{ мм}$ , удельная работа резания при фрезеровании ранней древесины равна  $4,5 \text{ кг/см}^3$ , а поздней —  $19,6 \text{ кг/см}^3$ , то есть в 4,3 раза больше; 2) при подаче, равной  $0,5 \text{ мм}$ , удельная работа резания при фрезеровании поздней древесины в 3,9 раза больше, чем ранней; 3) при подаче, равной  $1,0 \text{ мм}$ , удельная работа резания при фрезеровании поздней древесины в 3,2 раза больше, чем ранней.

В среднем для условий опытов удельная работа резания при фрезеровании поздней древесины в 3,9 раза больше, чем ранней.

Таким образом, анизотропная и неоднородная по свойствам структура древесины — один из существенных факторов, оказывающих влияние на устойчивость диска круглой пилы в пропилах. С уменьшением толщины дисков значение этого фактора возрастает.

Непосредственно к проблеме асимметрии боковых сил и связанной с ней поперечной уводке диска в пропилах примыкают вопросы жесткости дисков. Под жесткостью здесь понимают связь между силой, действующей на диск, и отклонением его от нормального положения в пространстве, то есть

$$j = \frac{P}{y} \frac{\text{кг}}{\text{мм}},$$

где  $j$  — характеристика жесткости,  $\text{кг/мм}$ ;

$P$  — равнодействующая в направлении перемещения диска сила,  $\text{кг}$ ;

$y$  — перемещение диска от действия силы,  $\text{кг}$ .

В зависимости от направления действия силы  $P$  можно различать поперечную и продольную жесткость. В первом случае сила направлена нормально к плоскости диска, во втором направлении действия силы совпадает со средней плоскостью диска. Чем больше значение жесткости  $j$ , тем большую силу необходимо приложить в данном месте диска, чтобы отклонить его в направлении действия силы на величину в  $1 \text{ мм}$ .

В связи с тем, что продольная жесткость дисков во много раз больше поперечной, действие поперечных и продольных сил в области распила переводит к отклонению дисков, в основном в поперечном направлении. Если диск недостаточно жесткий в поперечном направлении, и силы, действующие в этом направлении, имеют достаточную для его прогиба величину, то в результате диск зарезает в сторону и ухудшается

качество его работы. Обычно в результате прогиба диска в пропиле возникает и ряд других усугубляющих обстоятельств, таких, как нагрев боковых плоскостей из-за касания о древесину, колебание диска в поперечном направлении и т. д., которые зачастую приводят к нарушению нормального процесса распиловки. Жесткость дисков имеет большое значение при распиловке древесины в связи с наличием у нее годичных слоев (с различными физико-механическими свойствами), сучков, косослоя, свилеватости и при распиловке материала, имеющего неправильные геометрические формы, которые вызывают перебазирование и, следовательно, дополнительные переменные (во времени и по направлению) боковые давления на диск пилы, находящийся в пропиле.

Поперечная статическая жесткость для тонких пил различных толщин, применяемых нами при исследовании, была определена экспериментально. Для этого пилу, зажатую между шайбами  $\varnothing 100$  мм, нагружали по периферии до отклонения в 1 мм. Прогиб фиксировали индикатором, находящимся с противоположной стороны диска; кроме этого измеряли отклонения диска в точках, лежащих от точки приложения нагрузки под углами 90 и 180°. Данные замеров приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ пилы	D, мм	S, мм	j, кг/мм <sup>2</sup>		Прогибы в точках (мм), лежащих под углами, град		
			практически	теоретически	0	90	180
1	400	1,0	0,43	0,52	-1,0	+0,21	+0,07
2	400	1,0	0,38	—	-1,0	+0,14	+0,04
3	400	1,2	0,9	0,9	-1,0	+0,22	+0,1
4	400	1,2	0,75	—	-1,0	+0,13	+0,03
5	400	1,2	0,72	—	-1,0	+0,2	+0,02
6	400	1,5	1,3	1,8	-1,0	+0,15	+0,02
7	400	1,5	1,38	—	-1,0	+0,08	+0,01
8	400	1,5	1,6	—	-1,0	+0,03	+0,02
9	400	1,8	2,8	3,14	-1,0	+0,02	+0,04
10	400	2,0	3,85	4,2	-1,0	+0,06	+0,02

Из представленных в табл. 1 данных видно, что с увеличением толщины диска жесткость возрастает весьма значительно. Если для диска толщиной 1 мм жесткость равна в среднем 0,4 кг/мм, то для диска толщиной 2 мм она возрастает до 3,8 кг/мм. Если ориентироваться на средние значения, то можно сделать вывод о том, что жесткость пропорциональна кубу толщины диска.

Очевидно, для связи жесткости диска в поперечном направлении с его толщиной справедлива зависимость

$$j = A \cdot S^3 \frac{\text{кг}}{\text{мм}},$$

где  $j$  — поперечная жесткость, кг/мм;

$S$  — толщина диска, мм;

$A$  — коэффициент пропорциональности.

Таким образом, если толщину диска уменьшить в 2 раза, то жесткость снизится в 8 раз, поэтому небольшое изменение толщин дисков значительно изменяет чувствительность к боковым силам. Проведенные опыты, кроме того, показывают, что отгиб диска (закрепленного шайбами) поперечной силой приводит к нарушению его общей плоскостности. Поперечная жесткость в сильной степени зависит от качества

подготовки дисков (правки и проковки). Об этом наглядно говорит разброс значений жесткости для дисков, имеющих одну и ту же толщину. Так, для дисков толщиной 1,0 мм наблюдались изменения жесткости в диапазоне 0,38—0,43 кг/мм, толщиной 1,2 мм — в диапазоне 0,72—0,9 кг/мм, толщиной 1,5 мм — в диапазоне 1,3—1,6 кг/мм. Теоретический расчет поперечной жесткости пильных дисков был проведен по упрощенной схеме и сводился к расчету балки, закрепленной одним концом, по формуле

$$j = \frac{3 \cdot E \cdot b \cdot h^3}{120l^3} \frac{\text{кг}}{\text{мм}},$$

где  $E$  — модуль упругости, равный  $2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>;

$b$  — ширина (длина хорды, касательной к шайбе), см;

$h$  — толщина пилы, см;

$l$  — длина плеча приложенной силы, см.

Расчетные данные приведены в табл. 1.

Из сравнения расчетных и опытных значений жесткости видно, что расхождение между ними не превышает 30%. При грубой оценке поперечной жесткости дисков принятое упрощение расчета можно считать вполне приемлемым.

Для этих же пил была определена экспериментально продольная жесткость. Для каждого пильного диска имеется вполне определенное значение продольной силы, после которого начинается сгиб полотна в поперечном направлении. Это значение силы (по аналогии с теорией устойчивости пластинок) можно назвать критическим. Если продольная суммарная сила не превосходит критического значения, то диск сохраняет заданную плоскость вращения; в противном случае диск теряет устойчивость и отгибается в боковую сторону, что приводит к нарушению нормального процесса распиловки.

Опыты по определению критических сил были проведены в статическом состоянии с учетом реальной схемы работы дисков в станке. Отклонение диска фиксировали индикатором часового типа с точностью  $\pm 0,05$  мм, силу — кольцевым динамометром. Нагружение производили винтовым механизмом, при этом наступает момент, когда устойчивость диска нарушается, и он начинает отгибаться в боковом направлении. Значение силы, соответствующей началу момента отгиба, принято нами за критическое. Сводные данные по замеру критических сил при горизонтальном положении пильных дисков различных толщин при диаметрах пилы 400 мм и шайб 100 мм представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ пилы	Толщина пилы, мм	Замеренные значения			
		$P_{кр}$ (кг) при $H$ , мм		$E$ (мм) при $H$ , мм	
		110	170	110	170
1	1,0	36	21	0,12	0,03
2	1,0	32	16	0,1	0,03
3	1,2	56	36	0,03	0,05
4	1,2	56	26	0,11	0,03
5	1,3	46	26	0,07	0,04
6	1,5	106	41	0,04	0,05
7	1,5	96	46	0,02	0,02
8	1,5	86	43	0,06	0,04
9	1,8	121	76	0,05	0,04
10	2,0	136	91	0,07	0,04

Замеры критических сил производили на расстоянии 110 и 170 мм от центрального диаметра. Из приведенных данных видно, что с изменением толщины пил в пределах 1—2 мм при  $H = 110$  мм критическая сила изменяется в диапазоне 32—136 кг, при  $H = 170$  мм — в диапазоне 16—91 кг. Нельзя не заметить, что для пил одной и той же толщины значение критической силы при всех прочих равных условиях нагружения различно. Это согласуется с ранее проведенными замерами поперечной жесткости дисков. Продольные силы зависят, таким образом, как от геометрических размеров, так и качества подготовки дисков. Небезынтересно отметить тот факт, что значения критических сил находятся в зависимости от плоскости дисков и от взаимного расположения линии действия силы и плоскости пилы. Достаточно малое отклонение плоскости пилы от этой линии приводит к тому, что почти с самого начала нагружения наблюдается отгиб пилы в боковом направлении, и в этих условиях регистрация критической силы невозможна.

Приведенные данные позволяют оценить в первом приближении величину критической скорости подачи при распиловке материала круглыми пилами. Эту величину мы рассчитывали по общепринятым формулам теории резания.

Расчетная формула была приведена к следующему виду:

$$U_{кр} = \frac{60P_{кр} \cdot V}{k \cdot b \cdot h \cdot (\sin \varphi + 0,3 \cdot \cos \varphi)},$$

- где  $U_{кр}$  — критическая скорость подачи, м/мин;  
 $P_{кр}$  — критическая продольная сила, определенная статически (табл. 2), кг;  
 $b$  — ширина пропила, мм;  
 $k$  — удельная работа резания при продольной распиловке круглыми пилами, кг/см<sup>3</sup>;  
 $h$  — высота пропила, мм;  
 $V$  — скорость резания, м/сек;  
 $\varphi$  — угол, образованный вектором скорости подачи и нормальной составляющей усилия резания  $P_n$  (причем, в данном случае  $P_n = 0,3 P_{кр}$ ).

В табл. 3 приведены данные расчета критических скоростей подачи для пил (их диаметр 400 мм, диаметр шайб 100 мм), применяемых при распиливании сосны (подача на зуб  $U_z = 0,5$  мм,  $k = 3,9$  кг/см<sup>3</sup>,  $h = 100$  мм,  $\varphi = 34^\circ$ ).

Таблица 3

№ пилы	Толщина пилы, мм	Ширина пропила, мм	$P_{кр}$ , кг	$U_{кр}$ (м/мин) при $V$ , м/сек				
				30	50	70	100	150
1	1,0	2,0	34	97	160	225	322	482
2	1,2	2,2	51	131	224	308	442	655
3	1,5	2,5	96	222	370	515	735	1130
4	1,8	2,8	121	245	408	570	790	1210
5	2,0	3,4	136	230	382	555	760	1140

На основе рассмотрения полученных результатов можно сделать вывод о том, что (если исходить из статических замеров критических продольных сил) скорости подачи могут иметь достаточно высокие значения. Но практически эти скорости намного ниже вследствие невозмож-

ности соблюсти постоянство плоскости вращения пилы из-за различного рода поперечных колебаний, перебазирования заготовок, нагрева диска, анизотропии древесины и т. д., что всегда создает условия для моментного действия сил на диск пилы.

Стабилизация условий распиловки в смысле обеспечения постоянного характера воздействия факторов способствует повышению качества процесса распиловки и является непременным условием при внедрении тонких пил.

Испытания дисков на поперечную жесткость мы проводили в статических условиях. Возникает вопрос, какова же действительная поперечная жесткость на вращающемся диске, который при работе в станке подвержен действию центробежной силы. Под действием этой силы проявляются дополнительные изгибающие моменты (гироскопические), которые совместно с силами упругости диска стремятся вернуть его в среднее нормальное положение. Поскольку центробежная сила действует в том же направлении, что и силы упругости, то она как бы увеличивает жесткость, поэтому динамическая поперечная жесткость дисков в рабочих условиях будет выше статической.

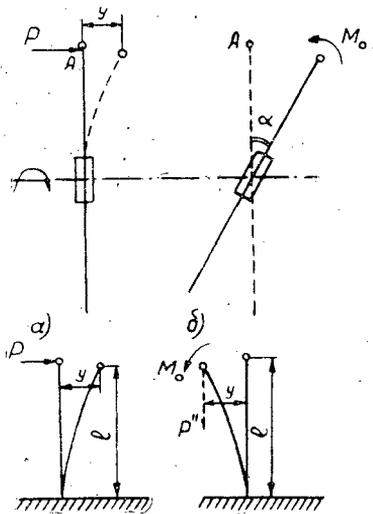


Рис. 1.

Расчетная схема для определения динамической жесткости дисков приведена на рис. 1.

Согласно ранее принятым упрощениям (при расчете поперечной жесткости) прогиб диска в периферийной точке *A* от действия поперечной силы определится из выражения

$$y = \frac{4 \cdot P \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h} \text{ мм,}$$

- где: *P* — поперечная сила, кг;  
*l* — плечо изгиба на диске, см;  
*E* — модуль упругости диска, кг/см<sup>2</sup>;  
*b* — длина хорды, касательной к шайбам, см;  
*h* — толщина диска, см.

При действии силы *P* диск должен отогнуться в сторону от вертикали на величину *y*<sub>0</sub> (рис. 1, а).

При таком боковом отгибе смещению диска противодействуют силы упругости и гироскопический момент *M*<sub>0</sub>, которые стремятся вернуть диск в прежнее нормальное положение. Действие момента *M*<sub>0</sub> схематически представлено на рис. 1, б. Прогиб диска в точке *A* в направлении, противоположном действию силы *P* от гироскопического момента, очевидно, равен

$$y' = \frac{M_0 \cdot l^2}{2EI},$$

- где: *M*<sub>0</sub> — гироскопический момент, кг/см;  
*l* — плечо изгиба диска, см;  
*E* — модуль упругости материала диска, кг/см<sup>2</sup>;  
*I* — момент инерции сечения

$$I = \frac{bh^3}{12}.$$

Подставив вместо  $I$  его значение, имеем

$$y' = \frac{6 \cdot M_0 \cdot l^2}{E \cdot b \cdot h^3}.$$

Результирующий положительный прогиб диска от совместного действия силы  $P$  и момента  $M_0$

$$\Delta y = y - y' = \frac{2}{E \cdot b \cdot h^3} (2P \cdot l^3 - 3M_0 l^2) \text{ см.}$$

При решении вопроса о поперечной жесткости диска целесообразно решить это выражение относительно силы

$$P = \frac{E \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta y}{4l^3} + \frac{3}{2} \cdot \frac{M_0}{l} \text{ кг.}$$

Из общей теории неуравновешенных роторов\* известно, что численное значение гироскопического момента  $M_0 = (C - A) \omega^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ . Ввиду малого угла  $\alpha$  это выражение можно переписать в виде

$$M_0 = (C - A) \cdot \omega^2 \alpha,$$

где  $M_0$  — гироскопический момент;

$C$  — полярный момент инерции диска;

$A$  — экваториальный момент инерции пильного диска;

$\omega$  — угловая скорость вращения диска;

$\alpha$  — угол наклона диска в отсчете от вертикальной плоскости в радианах.

Для пильного диска приближенно

$$C = \frac{Q \cdot R^2}{2g}; \quad A = \frac{Q \cdot R^2}{4g},$$

где  $Q$  — вес диска, кг;

$R$  — наружный радиус, см;

$g$  — ускорение силы тяжести, см/сек<sup>2</sup>.

Так как в нашем случае  $(C - A) > 0$ , то направление момента  $M_0$  совпадает с направлением уменьшения угла  $\alpha$  или, что то же — с уменьшением прогиба  $y$  от действия поперечной силы  $P$ .

С учетом значения гироскопического момента для поперечной силы получим следующее расчетное выражение:

$$P = \frac{E \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta y}{4 \cdot l^3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Q \cdot R^2 \cdot \omega^2 \cdot \alpha}{gl}.$$

Для конкретного случая, когда  $D$  пилы = 400 мм,  $d_{ш} = 100$  мм,  $S$  пилы = 1 мм,  $V = 30$  м/сек,  $E = 2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>,  $g = 981$  см/сек<sup>2</sup>,  $b = 36$  см,  $l = 15$  см,  $\Delta y = 0,1$  см,  $\alpha = 0,05$ ,  $R = 20$  см,  $\omega = 150$  1/сек,  $Q = 1$  кг, имеем  $P \approx 1,18$  кг. Такую силу необходимо приложить к периферии вращающегося диска, чтобы прогнуть его на 0,1 см.

Поперечная жесткость в данном случае равна 1,18 кг/мм.

При сравнении жесткости диска динамической и в статическом состоянии видно, что она увеличилась с 0,52 до 1,18 кг/мм, то есть возросла приблизительно в два раза за счет влияния гироскопического момента. Естественно, что с увеличением скорости вращения разница в указанных жесткостях будет еще значительней.

\* Е. Л. Николаи. Теория гироскопов. Л.—М., 1948.

Таким образом, гироскопический момент способствует повышению устойчивости пильных дисков и с этой точки зрения увеличение их скорости вращения весьма оправдано.

На устойчивость пильных дисков в пропилах большое влияние оказывают тепловые явления. При работе пилы тепло возникает непосредственно на зубьях, участвующих в пилении, и на боковых поверхностях диска из-за возможного трения о древесину и попадающие между диском и поверхностями распила опилки. Очаг возникновения тепла нестационарен по своей природе. Ввиду того, что основной очаг находится на периферийном участке (здесь осуществляется поступление тепла в лилу), то по мере движения к центру тепло расходуется, с одной стороны, на нагрев пилы, а с другой, — на нагрев прилегающего к ней материала и окружающего воздуха. Таким образом, центральная часть дисков всегда нагревается меньше, чем периферийная, причем практически картина распределения тепла по диску еще сложнее в силу непосредственного контакта пилы с материалом в зоне резания.

В связи с неравномерным нагревом диска по радиусу в нем возникают температурные напряжения. Их величина зависит от перепада температуры между периферийной и центральной частями. Температурные напряжения совместно с напряжениями от центробежных сил инерции определяют состояние устойчивости диска при работе.

Знание закономерностей нагрева дисков при работе в станках имеет важное значение. Проведенные в этой области работы носят весьма частный характер и не обеспечивают достаточной по качеству и количеству информации. Отсутствие таких исследований объясняется, в первую очередь, трудностью замера температуры на вращающихся дисках.

К датчику для замера температуры на пильных дисках предъявляют следующие требования: возможность измерений в любых точках вращающегося диска круглой пилы; малоинерционность; возможность дистанционного измерения; независимость результатов измерения от скорости вращения; достаточная точность измерений; возможность использования стандартной простой измерительной аппаратуры; легкость тарировки датчиков; возможность замера температуры в период одного оборота диска.

Исходя из вышеизложенного, для того, чтобы максимально удовлетворить в комплексе требования, предъявляемые к датчику при экспериментальном исследовании, мы применили бесконтактный способ замера температуры болометрами в комплексе с термисторами, которые являются индикаторами лучистой энергии. Эти датчики находят широкое применение в инфракрасной технике.

Действие болометра и термисторов основано на изменении сопротивления чувствительного элемента при нагревании его вследствие поглощения этим элементом лучистой энергии. Они обычно работают в мостиковой схеме, питаемой переменным или постоянным током.

В качестве датчика болометр был применен в специальном приборе ПБК1, изготовленном для нас экспериментально-производственными мастерскими АФИ.

Он состоит из болометра ПБК и дифференциального моста со стрелочным гальванометром. Болометр соединен гибким шлангом с измерительным мостом. Конструкция и схема болометрического датчика приведены на рис. 2 (а, б). Болометр представляет собой металлический корпус 1 Ø 9 мм по торцам, закрытый съёмными крышками 2. Через трубочку 3, впаянную в корпус болометра, выведены концы А, О, В для включения датчика в компенсационную мостиковую схему. При снятых

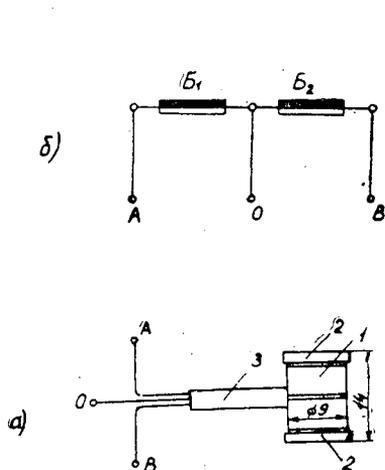


Рис. 2.

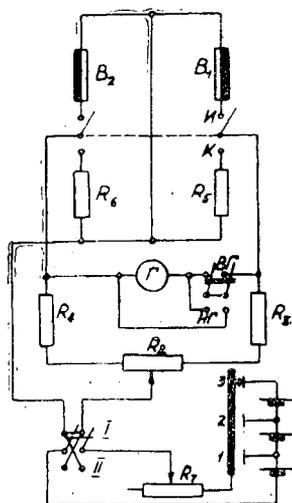


Рис. 3.

крышках через флюоритовую пленку окон видны полупроводниковые пленки размером 4—10 мм<sup>2</sup>, которые без подложки непосредственно крепятся на выводах контактов. Толщина пленки 10 мк. При 20° С сопротивление пленок  $R_{OB} = 35600$  ом,  $R_{OA} = 33500$  ом. Температурный коэффициент равен 3,33 (% на 1° С). Длины волн, пропускаемые хлоритовой пленкой, лежат в пределах 0,3—10 мк (инфракрасная область спектра).

Электрическая схема ПБК1 представлена на рис. 3. На схеме обозначено:  $B_1$  и  $B_2$  — пленки болометра;  $R_3$  и  $R_4$  — плечи моста;  $R_8$  — подгоночное сопротивление, которое служит для подгонки баланса моста при наладке прибора;  $R_5$  и  $R_6$  — контрольные сопротивления, которые включаются ключом  $I-K$  в положении II ключа  $I-II$  для контроля питания моста; тумблер  $BГ-НГ$  включает в схему внутренний гальванометр ( $BГ$ ) или наружный ( $НГ$ ); переключатель  $I-II$  служит для выбора пределов измерения (1, 2, 3) с помощью регулировочного сопротивления  $R_7$ ; питание моста осуществляется от батареи сухих элементов, расположенных в корпусе прибора.

Конструкция и электрическая схема термисторного датчика температуры типа «Игла» приведены на рис. 4. Он представляет собой бусинку полупроводника 3, напаянную на конец стеклянной трубочки 2

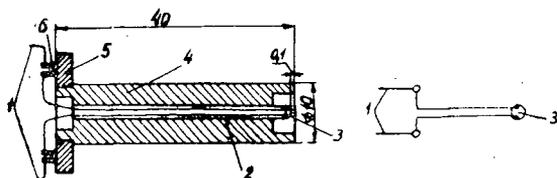


Рис. 4.

Ø 0,8 мм, внутри которой находятся выводы 1. Для удобства крепления трубочку помещают в текстолитовый держатель 4, на конце которого укреплен изолятор 5 с двумя лепестками 6, к которым припаяны выводы. Сопротивления термисторов, применяемые для определения температуры вращающихся дисков круглых пил,  $R_1 = 4,1$  и  $R_2 = 3,8$  ком.

В качестве измерительной выбрана симметричная мостовая схема, питаемая постоянным током от УИП-1 напряжением 2в.

Перед проведением основной части экспериментального исследования болометрические и термисторные датчики тарировали по показаниям образцовой термопары медь — константан (диаметр проволоки 0,25 мм).

Опыты по исследованию тепловых явлений в круглых пилах были проведены на специально оснащенной станке ЦА-2.

Скорости резания и подачи, которые были получены на экспериментальной установке (при ступенчатом изменении), представлены в табл. 4.

Таблица 4

Скорость подачи, м/мин	15	19	21,7	24	28	29	33,5	41	42	50	53	80
Скорость резания, м/сек	30	35	40	45	50	55	60	65	77	—	—	—

Кроме того, в пределах 6—12 м/мин скорость можно плавно изменить с помощью лобового фрикционного вариатора. Схема измерительной аппаратуры и датчиков представлена на рис. 5.

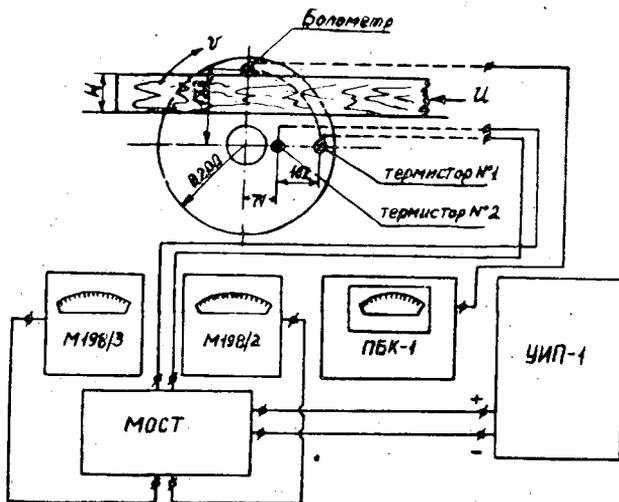


Рис. 5.

Болометр был установлен по вертикальной оси пилы на расстоянии от центра вращения, равном 173 мм; термисторы устанавливали по горизонтальной оси. Расстояние между центральным и периферийным термисторами 102 мм, а между центральным термистором и центром вращения пилы 71 мм. Расстояние от пилы до болометра 10 мм, до термисторов 3 мм. Сигнал термисторных датчиков поступал через мостовую схему на измерительные приборы (микроамперметры типа М198/2 и М198/3). Значения показаний приборов регистрировали визуально через промежутки времени, равные 10 сек. Питание моста термисторных датчиков осуществляли от источника универсального питания (УИП-1). Опыты по замеру температуры нагрева дисков проводили в лабораторных условиях; при этом использовали пилы диаметром 400 мм.

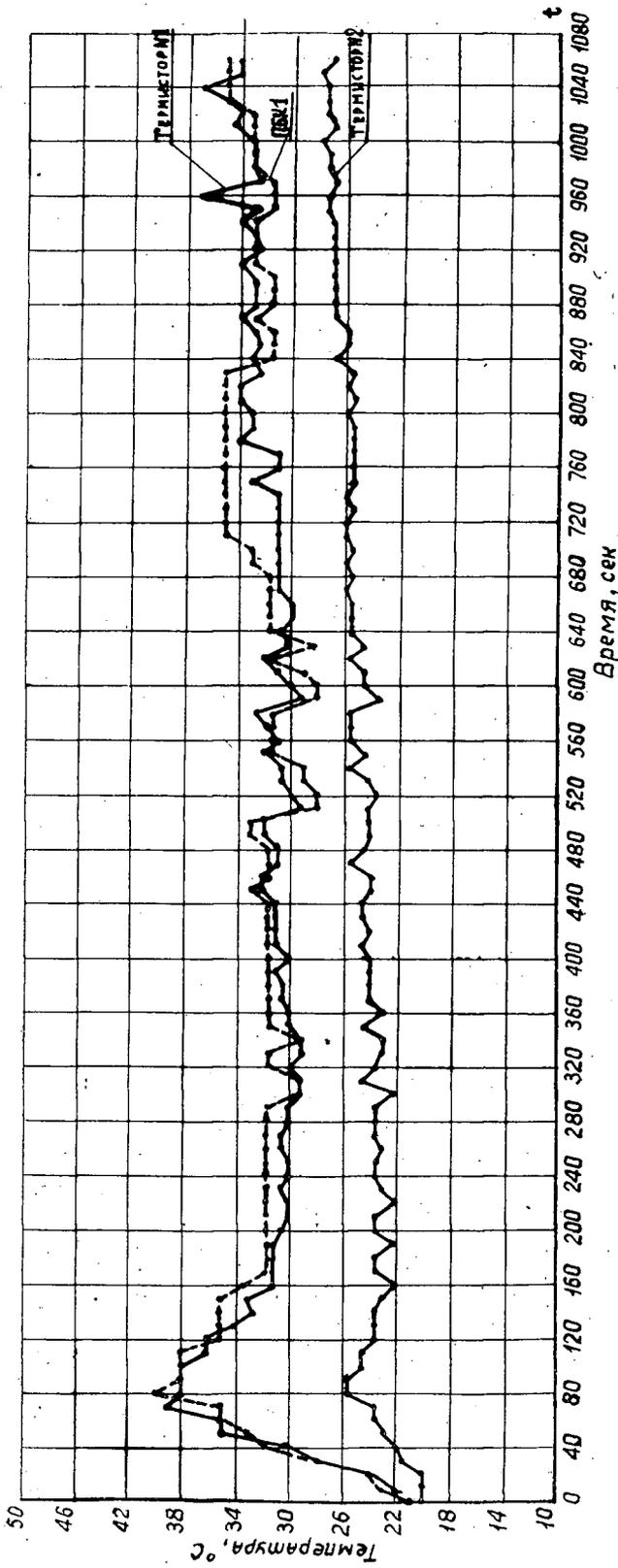


Рис. 6.

Толщина пил, установленных в станке, была принята равной 2,0, 1,5, 1,2 мм. Толщина распиливаемого материала — 50 мм. Скорости подачи меняли в диапазоне 7,5 ÷ 24 м/мин. Скорость резания варьировали от 30 до 77,5 м/сек. Развод зубьев на сторону меняли в пределах 0,5—0,7 мм. Длительность опыта устанавливали в зависимости от вре-

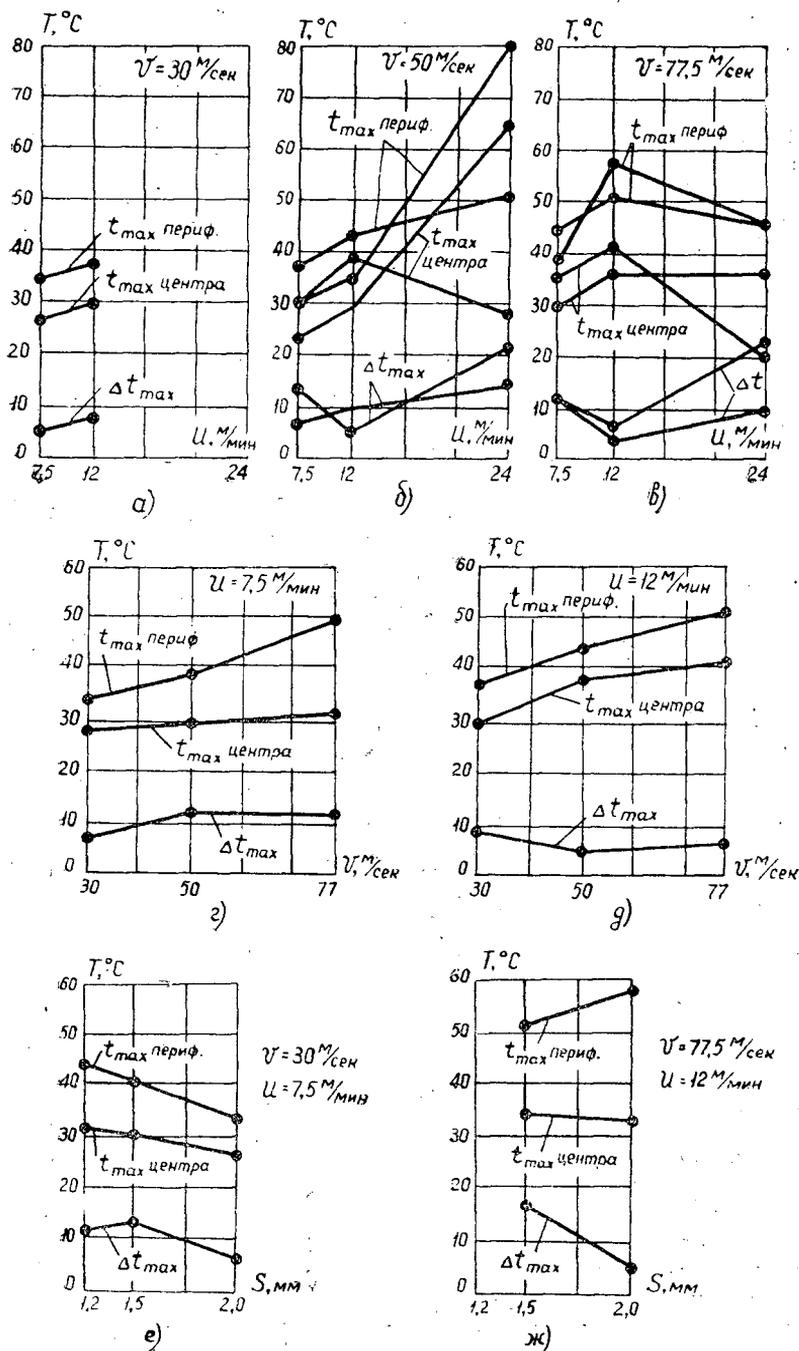


Рис. 7.

мени стабилизации теплового состояния дисков. По результатам опытов были построены функциональные графики. На рис. 6 представлен график нагрева диска в период работы в станке. Характеризуя его экспериментально, можно отметить следующее. До момента стабилизации температуры, то есть до установления постоянного перепада температуры между периферией и центром, на периферии и в центре наблюдается рост температуры, причем этот рост в центре несколько меньше, чем на периферии. В переходный период максимальная температура выше, чем в момент стабилизации. Значение максимального перепада при данном конкретном режиме достигает  $8^{\circ}\text{C}$ . Диск на периферии нагревается до  $35^{\circ}\text{C}$ . Показания болометра и периферийного датчика совпадают. Качество и точность распиловки удовлетворительные. Указанные значения температур находятся в зависимости от режима работы станка.

Анализируя полученные данные по всем опытам, можно отметить общие зависимости, относящиеся к нагреву дисков при различных условиях и режимах работы пил.

1. Максимальный перепад температур по термисторам и максимальная температура диска при удовлетворительном качестве распиловки не превышали соответственно  $32$  и  $66^{\circ}\text{C}$ .

2. При определенной скорости резания, толщине пилы и разводе зубьев на сторону с увеличением скорости подачи ( $7,5 - 24$  м/мин) наблюдается общая тенденция к увеличению перепада температур по радиусу дисков и увеличение абсолютной температуры нагрева как на периферии, так и в центре. Это характерно для скоростей резания, равных  $30, 50, 77,5$  м/сек, и наглядно подтверждается графиками на рис. 7, а, б, в.

3. При определенной скорости подачи ( $7,5 - 24$  м/мин) толщина пилы и развода зубьев на сторону с увеличением скорости резания также наблюдается тенденция как к увеличению перепада температур, так и абсолютной температуры нагрева на периферии и в центре (рис. 7, г, д).

4. При всех равных прочих условиях в дисках с меньшей толщиной наблюдается большой перепад температуры по радиусу и большая абсолютная температура нагрева на периферии и в центре (рис. 7, е, ж). Отдельные отклонения от вышеизложенных тенденций роста температур объясняются разной продолжительностью опытов.

5. При всех прочих равных условиях с уменьшением развода на сторону температура нагрева и величина перепада возрастают.

6. Опыты показывают, что тонкие диски более чувствительны к нагреву и при одном и том же перепаде температур теряют устойчивость раньше, чем более толстые.

7. На тепловое состояние дисков оказывают влияние, кроме перечисленных, следующие факторы: межторцовые разрывы (с их увеличением перепад температур и абсолютная температура нагрева уменьшаются за счет сильного влияния эффекта охлаждения); отсос воздуха из эксгаустерных приемников (чем более интенсивен отсос, тем меньше перепад и абсолютная температура диска); перебазирование заготовок, которое резко увеличивает и перепад температур и нагрев диска.

8. Прокровка пилы позволяет диску выдерживать более высокие перепады температур между периферией и центром, и опыты подтверждают имеющееся мнение, что она уменьшает в основном вредное влияние температурных напряжений.

Применяемые нами в исследовании датчики и измерительные схемы могут быть положены в основу создания технических средств автома-

тических систем по регулированию температуры диска пилы, что позволит компенсировать неточность проковки в каждом конкретном случае, а в отдельных случаях даже ликвидировать эту трудоемкую операцию.

Таким образом, устойчивость дисков в пропиле находится в зависимости от целого ряда факторов. Основные из них — поперечная жесткость дисков, асимметрия боковых сил при резании, тепловые явления, колебания и прочее. Поэтому знание причин появления этих факторов, их действие и изыскание эффективных способов локализации вредного влияния их в процессе распиловки обеспечит оптимальность в решении вопросов устойчивости пил в пропиле и, как следствие, обеспечит более высокую производительность и качество обработки материала.

Изучение указанных и многих других вопросов с теоретических и экспериментальных позиций имеет большое практическое значение.

---

Поступила в редакцию  
10 января 1964 г.

## ПИЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ

**В. И. ЧУПРИН**

Инженер

(ЦНИИМОД)

Увеличение объема производства и применения древесно-волоконистых плит ставит перед деревообрабатывающей промышленностью задачу производительной и высококачественной обработки плит резанием.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом пиление твердых плит пилами, зубья которых оснащены твердым сплавом, считается прогрессивным. Однако ввиду сложности изготовления и эксплуатации этих пил в производстве применяют обычные круглые пилы из стали марки 85ХФ.

Обзор работ по изучению процесса пиления древесно-волоконистых плит\* и обследование работы некоторых предприятий показывают, что круглые пилы имеют разнообразные величины линейных и угловых параметров, очень быстро тупятся и требуют частой заточки зубьев. Однако почти полностью отсутствуют работы, посвященные экспериментальному исследованию влияния режимных факторов на качественные, силовые и стойкостные показатели пиления древесно-волоконистых плит. Это обстоятельство побудило провести изучение влияния главных режимных факторов на качество пиления плит и стойкость круглых пил.

В статье изложены некоторые результаты исследований, проведенных в 1961 г. В опытах были использованы твердые древесно-волоконистые плиты (толщиной 3 мм, с объемным весом  $0,968 \text{ Г/см}^3$ , влажностью 7,1% и средним пределом прочности при изгибе, равным  $357,5 \text{ кг/см}^2$ ), выпускаемые промышленностью по ГОСТу 4598—60 «Плиты древесно-волоконистые». Исследования проводили на малых образцах (длиной 60 мм, толщиной 3 мм), изготовленных из твердых ДВП, при пилении их острыми пилами пакетом по четыре штуки.

Для исследований были выбраны круглые пилы с плоским диском (из стали 85ХФ) следующих линейных и угловых параметров: диаметр  $d = 300 \text{ мм}$ , толщина диска пилы  $s = 2,0; 2,4 \text{ мм}$ , число зубьев  $z = 72$ , передний угол  $\gamma = 10^\circ$ , задний угол  $\alpha = 15—17^\circ$ , угол косой заточки по передней грани зуба  $\varphi = 75$ . Все зубья пил имели одинаковый профиль с ломано-линейной задней гранью. Для выравнивания вершинок зубьев по окружности резания тщательно устанавливали пилу на валу и фуговали задние грани зубьев при рабочем вращении ин-

\* Исследование режимов резания древесно-волоконистых плит. Отчет ЦНИИМОДа по научно-исследовательской теме, 1961 г.

струмента. С целью выяснения интенсивности затупления и связанного с этим ухудшения качества кромок плит были проведены предварительные опыты на круглопиловом станке с гусеничной подачей и расположением вала под столом (фирмы «Вадкин»). Интенсивность затупления зуба пилы характеризовали по изменению удалой работы пиления, для определения которой мощность резания регистрировали на самопишущем ваттметре. Качество кромок плит после пиления оценивали по максимальной высоте неровностей на поверхности распила ( $H_{max}$ ) и величине утолщения кромки ( $h'$ ). Величину  $H_{max}$  измеряли прибором ТСП-2, а  $h'$  — при помощи измерительной головки типа 2-ГРЗ со специальным приспособлением.

Основные экспериментальные работы выполнены на специальной установке [3]. При резании силу взаимодействия зубьев пилы с материалом регистрировали двумя взаимно перпендикулярными составляющими, направленными параллельно и перпендикулярно подаче. Используя угол между направлением подачи и вектором скорости резания, зарегистрированные составляющие сил резания приводили расчетом к касательной силе  $P_k$  и нормальной силе  $R_n$ .

На рис. 1 дана зависимость удельной работы пиления  $K$ , чистоты поверхности распила  $H_{max}$  и увеличения толщины кромок  $h'$  твердых древесно-волоконистых плит от пути резания  $S$ ;  $h=3$  мм,  $d=300$  мм,  $s=2,4$  мм,  $s'=0,5$  мм,  $z=72$ ,  $\gamma=10^\circ$ ,  $\alpha=15^\circ$ ,  $\varphi=75^\circ$ ,  $U_z=0,07$  мм,  $v=47$  м/сек, выступ пилы из пропила 10 мм.

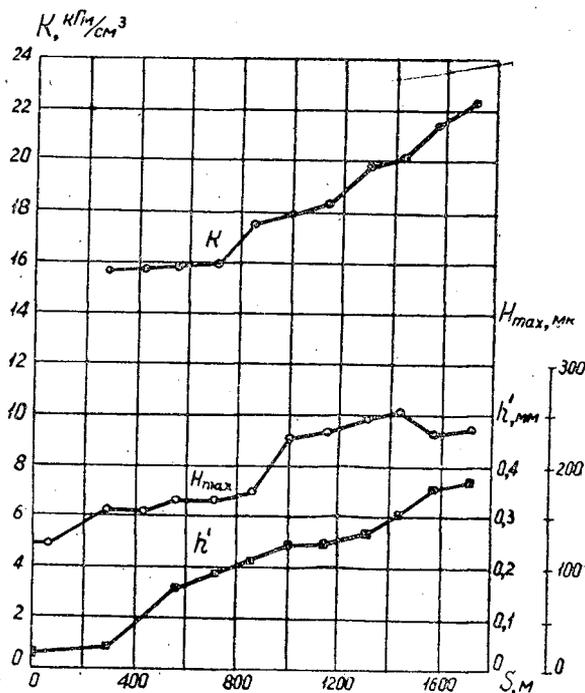


Рис. 1.

Обработка предварительных наблюдений показала, что каждый зуб пилы в течение 38 сек суммарной работы (путь реза в материале равен 1750 м) давал резкое ухудшение качества обработки ( $H_{max}$ ,  $h'$ ) и увеличение удельной работы пиления  $K$ . Пиление сопровождалось искре-

нием, увеличивающимся по мере затупления зубьев. Следует заметить, что в начале работы при пилении острыми пилами утолщение кромки плиты незначительно (0,03—0,04 мм), поэтому при проведении последующих опытов разбивку кромки не учитывали. Время работы пилы между двумя заточками для условий опыта, отмеченных на рис. 1 ( $u = 15$  м/мин, длина обработки 1100 пог. м), составило 1 час 13 мин.

Предварительный опыт позволил сделать предположение, что затупление зубьев пилы зависит в основном от суммарного пути движения резца по материалу и скорости этого движения, влияющей на затупление через температуру резания.

Суммарный путь резания одного зуба ( $S$ ) определяется по формуле

$$S = \frac{l \cdot h \cdot m}{U_z \cdot z \cdot \sin \theta}, \quad (1)$$

где  $l$  — длина обрабатываемой заготовки, м;

$m$  — число обработанных заготовок, шт.;

$h$  — толщина заготовок, мм;

$U_z$  — подача на зуб, мм;

$\theta$  — средний кинематический угол встречи, составленный направлением подачи и вектором скорости резания в средней точке на дуге резания, град.

Если размеры обрабатываемого материала заданы и известно количество обработанных заготовок, то путь резания зависит от  $\theta$ ,  $U_z$  и  $z$ .

Из формулы (1) видно, что путь резания одного зуба при определенной выработке будет тем меньше, чем больше значения  $\theta$ ,  $U_z$ ,  $z$ . Однако эти факторы можно изменять только в определенных пределах, так как их численные значения влияют на качественные показатели процесса обработки.

Эту взаимозависимость нужно учитывать, и оптимальные значения кинематического угла встречи, подачи на зуб и числа зубьев устанавливать, исходя из качества обработки и стойкости инструмента.

Рассматривая зависимость пути резания  $S$  от кинематического угла встречи  $\theta$  (на рис. 2  $S$  — путь резца в ДВП за один оборот пилы;  $h$  — толщина обрабатываемого материала), можно прийти к выводу, что при изменении угла от 90 до 30° путь резания постепенно увеличивается и при  $\theta = 30^\circ$  он в два раза больше, чем при  $\theta = 90^\circ$ . При изменении кинематического угла встречи от 30° и ниже путь резания увеличивается интенсивно и, например, при  $\theta = 10^\circ$  в 5,7 раза больше, чем при  $\theta = 90^\circ$ .

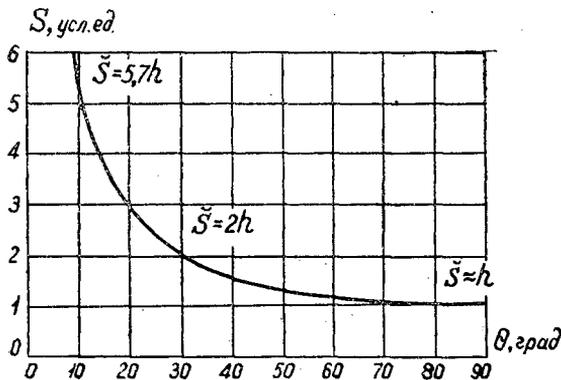


Рис. 2.

Принимая во внимание, что кинематический угол встречи влияет на качественные и силовые показатели процесса (приведено ниже), а также на устойчивость пил, угол  $\Theta$ , равный  $30^\circ$ , приближенно можно считать минимальным значением угла встречи для получения наименьшего значения пути резания.

Считая  $\Theta_{min} = 30^\circ$ , получим, что выступ пилы из пропила должен устанавливаться в зависимости от диаметра пилы и толщины обрабатываемого материала. При встречной подаче и расположении пильного вала под столом

$$\Theta = \arccos \left( 1 - \frac{2a + h}{d} \right),$$

где  $a$  — выступ пилы из пропила, мм;

$h$  — высота пропила, мм;

$d$  — диаметр пилы, мм.

При  $\Theta_{min} = 30^\circ$

$$a_{min} = 0,067d - 0,5h. \quad (2)$$

Ниже приведены минимальные значения выступа пилы из пропила для разных диаметров пил при толщине обрабатываемых плит 6 мм.

Диаметр пилы, мм	150	200	250	300	350	400	450	500
Выступ пилы из пропила, мм	7	10	14	17	20	24	27	30

Для толстого обрабатываемого материала вычисление по формуле (2) может привести к нулевому или даже отрицательному значению выступа пилы. В этом случае минимальный выступ пилы следует определять по высоте зубьев пилы с таким расчетом, чтобы выступ равнялся или был больше высоты зуба. Тогда кинематический угол встречи будет больше  $30^\circ$ , что желательно для уменьшения пути резания.

Подача на зуб при пилении древесно-лиственных материалов существенно влияет на чистоту поверхности распила и составляющие силы резания. Оптимальные значения подачи могут быть установлены только опытным путем.

Проследим далее, как влияет скорость резания на нагрев зубьев и связанные с нагревом явления. Наблюдения за процессом пиления твердых древесно-волоконистых плит показали, что на гранях зубьев пилы, а в дальнейшем и на диске пилы образуются наросты в виде тонкого слоя подгорелых мелких древесных частиц. Возникшие наросты вредно сказываются на работоспособности пилы, снижая производительность и качество обработки.

Рассматривая явление возникновения наростов при резании и трении, В. Д. Кузнецов [2] считает, что первенствующую роль при образовании наростов играет температура поверхности трения. В возникновении высоких температур при пилении твердых плит можно убедиться визуально. В момент резания появляются мелкие яркие искры, которые свидетельствуют о высокой температуре в месте контакта реза с материалом. При увеличении скорости резания или нагрузки искрение становится более интенсивным; наоборот, при низких скоростях резания искрения не наблюдается.

Из теории трения двух твердых тел известно, что температура поверхности трения зависит от скорости, нагрузки и коэффициентов теплопроводности трущихся тел. Чем меньше теплопроводность у од-

ного из тел, тем выше его температура; если оба трущихся тела плохо проводят тепло, то в этом случае возникают наибольшие температуры.

Данные теории трения в некоторой степени можно распространить и на трение при резании древесно-волоконистых плит. Допустим, что при резании основная часть теплоты выделяется в результате трения задней грани зуба о материал и что работа трения полностью переходит в теплоту. Тогда повышение температуры на поверхности трения двух тел можно ориентировочно определить по формуле Боудена

$$\Delta T = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot P \cdot v}{\pi \cdot r \cdot l \cdot \sqrt{2\sigma k r}}, \quad (3)$$

где  $\Delta T$  — повышение температуры, °С;

$P$  — вес цилиндра (давление), Г;

$v$  — скорость движения, см/сек;

$\alpha$  — коэффициент распределения теплоты;

$\mu$  — коэффициент трения;

$l$  — механический эквивалент теплоты;

$r$  — радиус цилиндра, мм;

$\sigma$  — лучеиспускательная способность боковой поверхности цилиндра;

$k$  — коэффициент теплопроводности.

Например, площадь контакта задней грани зуба с твердой древесно-волоконистой плитой составляет 0,2 мм<sup>2</sup>. На этой площадке действует сила трения  $F^*$ , равная 0,8 кГ при скорости движения резца 50 м/сек; коэффициент распределения теплоты  $\alpha = 1$ , так как древесно-волоконистая плита — хороший изоляционный материал, и все тепло, образующееся при трении, переходит к резцу. При резании зуб пилы закрыт стенками пропила, поэтому можно принять, что лучеиспускательная способность боковой поверхности зуба равна 1. Коэффициент теплопроводности для стали равен 0,1  $\frac{\text{ккал}}{\text{см град сек}}$ . Заменяв площадь контакта резца с материалом, равную 0,2 мм<sup>2</sup>, равновеликой площадью поперечного сечения цилиндра получим  $r = 0,5$  мм. Тогда повышение температуры на поверхности задней грани

$$\Delta T = \frac{\alpha \cdot Q}{\pi \cdot r \cdot \sqrt{2\sigma k r}} = 200^\circ\text{C},$$

где  $Q = \frac{F \cdot v}{l} = 0,1$  ккал/сек.

При  $v = 100$  м/сек  $\Delta T$  возрастает до 400° С.

Трение и выделение тепла происходят не только за счет работы задней грани, поэтому нагрев зубьев пилы практически будет больше, чем установлено вычислением.

Рассмотренный выше пример и визуальные наблюдения за процессом резания показывают, что повышение температуры зуба при обработке твердых плит зависит от скорости резания. Это вынуждает проводить сознательное снижение скорости резания для обеспечения необходимых температурных условий пиления твердых древесно-волоконистых плит.

Скорость резания зависит от диаметра пилы и числа оборотов ее и в то же время находится во взаимозависимости с другими факторами процесса: подачей на зуб, скоростью подачи и шагом зубьев. Чем

\* Значение силы трения взято по опытным данным рис. 4 при  $U_z = 0$  в соответствии с выводами А. Л. Бершадского [1].

меньше скорость резания при сохранении прежней производительности и качества обработки, тем меньше должен быть шаг зубьев пилы. Например, при  $v = 50$  м/сек,  $u = 20$  м/мин и  $U_z = 0,1$  мм  $t = 15$  мм; а при  $v = 40$  м/сек,  $u = 20$  м/мин и  $U_z = 0,1$  мм  $t = 12$  мм.

Анализ показывает, что независимо от того, что приводит к снижению скорости (диаметр пилы или число ее оборотов), с уменьшением скорости резания необходимо использовать мелкозубые пилы с шагом зубьев около 10 мм. Результаты проведенных экспериментов по выявлению влияния  $\Theta$ ,  $U_z$  и  $v$  на силовые и качественные показатели пиления представлены в виде графиков на рис. 3, 4, 5 и 6.

На рис. 3 показано влияние среднего кинематического угла встречи  $\Theta$  на составляющие сил резания и чистоту поверхности распила (объемный вес плит  $0,968$  Г/см<sup>3</sup>, толщина пакета плит 12 мм,  $d = 300$  мм,  $s = 2,0$  мм,  $s' = 0$ ,  $z = 72$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\alpha = 17^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $U_z = 0,05$  мм,  $v = 49,5$  м/сек, зубья острые). Из рис. 3, а видно, что с увеличением угла составляющие силы резания увеличиваются. Чистота поверхности распила с увеличением угла встречи ухудшается (рис. 3, б). Изменение угла от  $16$  до  $40,5^\circ$  дало ухудшение чистоты поверхности на 18%.

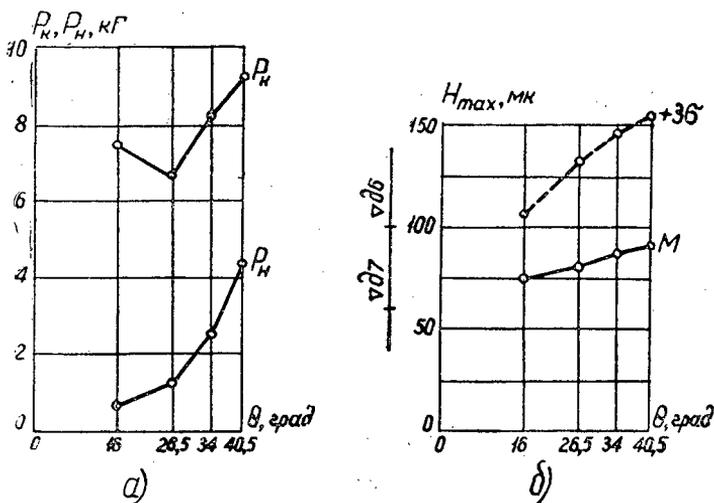


Рис. 3.

Учитывая влияние кинематического угла встречи на путь резания (рис. 2), следует считать, что при пилении твердых древесно-волоконистых плит нет оснований угол встречи принимать ниже  $30^\circ$ .

На рис. 4 изображена зависимость касательной силы  $P_k$ , нормальной силы  $P_n$  и удельной работы пиления  $K$  от подачи на зуб для разных скоростей резания (объемный вес  $0,968$  Г/см<sup>3</sup>, толщина пакета плит 12 мм,  $d = 300$  мм,  $s = 2,0$  мм;  $s' = 0,2$  мм,  $z = 72$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\varphi = 75^\circ$ ,  $\Theta \approx 28^\circ$ , зубья острые). Из рисунка видно, что при всех скоростях резания с увеличением подачи на зуб составляющие силы резания увеличиваются. Зависимость касательной силы от величины подачи на зуб выражается примерно прямой линией, а удельная работа пиления изменяется по закону известной зависимости  $K$  от  $U_z$  при резании древесины. Влияние подачи на зуб на нормальную силу  $P_n$  в опытах выявлено недостаточно. Однако из рис. 4 видна тенденция возрастания нормальной силы по мере увеличения  $U_z$ . Во всех опытах направление действия силы  $P_n$  отжимающее.

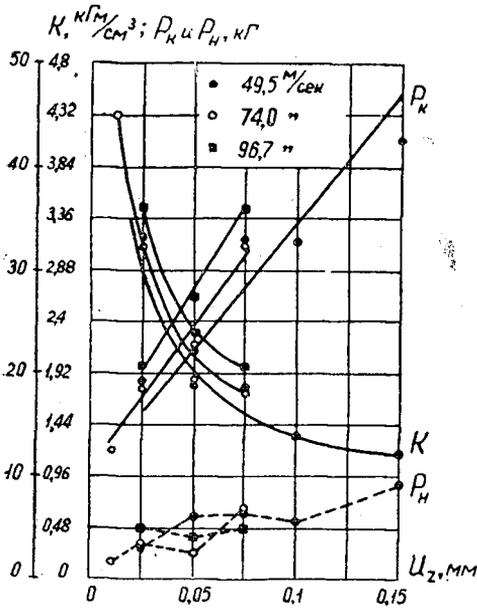


Рис. 4.

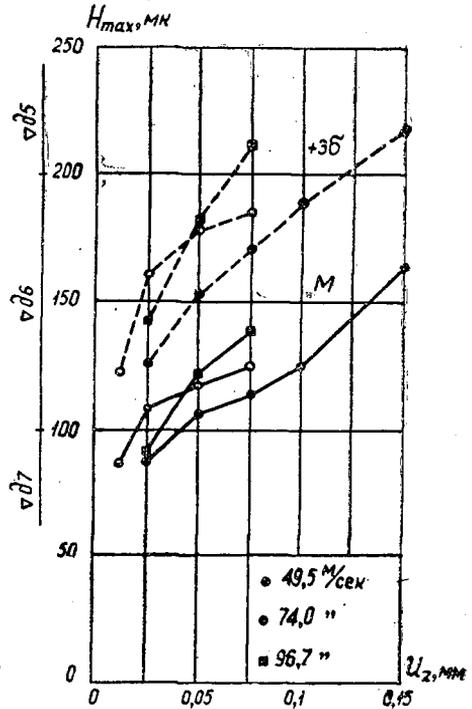


Рис. 5.

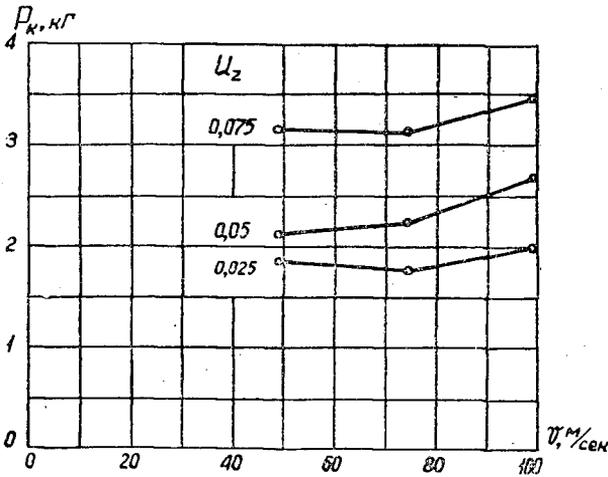


Рис. 6

Чистота поверхности распила (условия опытов аналогичны приведенным на рис. 4) с увеличением подачи на зуб ухудшается при всех скоростях резания, исследованных в опытах (рис. 5).

Таким образом, величина подачи на зуб — важнейший фактор, влияющий на силовые параметры и чистоту поверхности распила. Для обеспечения высокой чистоты поверхности и минимума энергозатрат подачу на зуб в пределах от 0,05 до 0,075 мм следует считать оптимальной. При невысоких требованиях к чистоте поверхности кромки пределы подач можно изменить от 0,075 до 0,1 мм.

Результаты статистической обработки рядов касательной и нормальной сил, полученных при распиловке твердых ДВП толщиной  $3 \times 4 = 12$  мм при разных подачах на зуб и скорости резания (рис. 4), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Скорость $v$ , м/сек	Статистические характеристики	Единицы измерения	Показатели составляющих сил резания $\left(\frac{P_k}{P_H}\right)$ при подаче на зуб, мм					
			0,012	0,025	0,05	0,075	0,1	0,15
49,5	$M$	кг	—	$\frac{1,84}{0,3}$	$\frac{2,12}{0,6}$	$\frac{3,17}{0,61}$	$\frac{3,1}{0,59}$	$\frac{4,1}{0,88}$
	$\sigma$	"	—	$\frac{0,2}{0,062}$	$\frac{0,17}{0,048}$	$\frac{0,23}{0,134}$	$\frac{0,21}{0,063}$	$\frac{0,31}{0,08}$
	$m$	"	—	$\frac{0,077}{0,024}$	$\frac{0,064}{0,01}$	$\frac{0,087}{0,05}$	$\frac{0,08}{0,02}$	$\frac{0,116}{0,03}$
	$v$	%	—	$\frac{11}{21,3}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{7,2}{22}$	$\frac{6,8}{12}$	$\frac{7,5}{9}$
	$P$	"	—	$\frac{4,2}{8,1}$	$\frac{3}{1,6}$	$\frac{2,74}{8}$	$\frac{2}{4,15}$	$\frac{4,3}{3,4}$
74,0	$M$	кг	$\frac{1,2}{0,165}$	$\frac{1,76}{0,31}$	$\frac{2,17}{0,24}$	$\frac{3,1}{0,51}$	—	—
	$\sigma$	"	$\frac{0,14}{0,035}$	$\frac{0,096}{0,065}$	$\frac{0,38}{0,074}$	$\frac{0,035}{0,102}$	—	—
	$m$	"	$\frac{0,05}{0,01}$	$\frac{0,034}{0,02}$	$\frac{0,12}{0,028}$	$\frac{0,125}{0,039}$	—	—
	$v$	%	$\frac{11,6}{27}$	$\frac{5,4}{20,7}$	$\frac{16,7}{30,8}$	$\frac{11,4}{20}$	—	—
	$P$	"	$\frac{4,1}{7,8}$	$\frac{1,9}{7,3}$	$\frac{4,25}{11,6}$	$\frac{4,0}{7,7}$	—	—
96,7	$M$	кг	—	$\frac{1,99}{0,47}$	$\frac{2,64}{0,4}$	$\frac{3,44}{0,49}$	—	—
	$\sigma$	"	—	$\frac{0,058}{0,064}$	$\frac{0,125}{0,06}$	$\frac{0,26}{0,11}$	—	—
	$m$	"	—	$\frac{0,019}{0,021}$	$\frac{0,015}{0,008}$	$\frac{0,086}{0,038}$	—	—
	$v$	%	—	$\frac{2,9}{13,2}$	$\frac{4,74}{16}$	$\frac{7,5}{23}$	—	—
	$P$	"	—	$\frac{0,95}{4,4}$	$\frac{0,59}{2,0}$	$\frac{2,5}{7,9}$	—	—

Статистические показатели для упругих опытов обычно не выходят за пределы, показанные в этой таблице.

Влияние скорости резания на силу  $P_k$  при разных подачах на зуб показано на рис. 6 (условия опытов аналогичны приведенным на рис. 4). Из графиков видно, что скорость резания незначительно влияет на касательную силу. Изменение скорости от 49,5 до 96,7 м/сек вызывает увеличение силы  $P_k$  в среднем на 8%. Опытным путем также не обнаружено существенное влияние скорости резания на чистоту поверхности распила (рис. 5).

Однако  $v$  влияет на температуру нагрева реза, что приводит к подгоранию мелкой древесной пыли на гранях зубьев и диске пилы.

Подгоревшие частицы постепенно с течением времени работы пилы образуют наслоения в виде наростов. Вместе с тем на частях граней резца, находящихся в зоне резания, не было замечено образования наростов. Наслоения древесных частиц, прилипших к пиле, приводят к ухудшению условий работы и потере работоспособности инструмента. Нагрев диска увеличивается и появляется блуждание пилы.

Ввиду того, что выполненные опыты не преследовали цель выявить влияние скорости резания на нагрев зубьев и диска пилы и были проведены в небольшом количестве, не представляется возможным установить оптимальные пределы скоростей резания для пиления твердых древесноволокнистых плит. Однако из опытов видна тенденция снижения скорости пиления твердых пил по отношению к скоростям резания древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бершадский. Общий закон резания и его практическое применение. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 8, 1961. [2]. В. Д. Кузнецов. Наросты при резании и трении. Государственное изд-во технико-теоретической литературы, М., 1956. [3]. Ю. А. Цуканов. Исследование процесса пиления древесно-стружечных плит. Материалы научно-технического совещания. Рациональные режимы резания и оптимальные конструкции режущего инструмента для обработки древесины, М., 1960.

Поступила в редакцию  
23 марта 1964 г.

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАУТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ

**О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ**

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

Небольшие исследования древесины фаутной осины [3], [5] проведены по устаревшей к настоящему времени методике и на довольно ограниченном материале. Другие работы [4], [6], [7] также не претендуют на достаточную полноту в изучении этого вопроса.

Мы поставили перед собой следующие задачи:

1) исследовать степень влияния гнили и водослоя на основные физико-механические свойства древесины с целью последующего установления возможностей использования фаутной древесины в производстве; 2) получить данные, которые могут быть полезны при разработке механических и физико-механических способов отделения гнили от здоровой древесины.

Следует отметить, что разработка рационального метода отделения гнили от здоровой древесины — коренной вопрос, в разрешение которого упирается вся проблема использования фаутной древесины осины в химическом и других производствах. Из возможных методов отделения гнили наиболее интересными представляются физико-механические, основанные на использовании различий в физических свойствах здоровой и гнилой древесины. Для разработки этих методов данные, приведенные в настоящей работе, могут представить некоторый интерес.

В процессе полевых исследований нами было установлено, что основные пороки древесины осины в условиях Северо-Запада СССР — сердцевинная гниль (от осинового трутовика) и водослойное ядро.

Водослойное ядро, возникающее в зоне спелой древесины, имеет правильную форму и характеризуется высоким содержанием влаги в древесине, окрашенной обычно в серые и буроватые тона. В типичном случае водослой охватывает очаг гнили как бы чехлом (или кольцом на поперечном разрезе), ширина которого 2—3 см. Однако довольно часто водослойное ядро распространяется от очага гнили на расстояние до 7 м, так что в заготовленной древесине встречаются кражи и бревна, центральная часть которых занята только водослойным ядром без всяких признаков гнили\*.

Исходя из особенностей топографии и происхождения, были выделены два основных типа водослойного ядра — без гнили и с гнилью.

\* Природа водослоя подробно рассмотрена в другой нашей статье [7].

В результате исследований мы установили, что объем древесины, приходящейся на начальную стадию гнили\* (от осинового трутовика), у деревьев в возрасте 60—70 лет незначителен (не более 5—8%), водослойная древесина занимает 10—25%, а вся поврежденная, включая развитую гниль, — до 40—42% объема ствола.

Следует отметить, что у осины в указанном возрасте процессы разрушения древесины довольно редко переходят в стадию так называемой «мягкой гнили», когда древесина окончательно теряет присущую ей структуру и прочность. Поэтому нами были исследованы только свойства «твердой гнили», вызываемой осиновым трутовиком.

Для определения физико-механических свойств древесины из модельных деревьев, отобранных в количестве 32 шт. при сплошной рубке на двух лесосеках в типе леса осинник-кисличник (II бонитет, VI класс возраста), было вырезано 40 кряжей длиной 1—2 м\*\*. Все кряжи вырезали из первого комлевого бревна в интервале 2—5 м от комлевого среза.

Последующую разделку кряжей и изготовление образцов производили таким образом, чтобы при испытаниях получить данные от-

#### Физические свойства здоровой

Род древесины	Место взятия образцов	Объемный вес, Г/см <sup>3</sup>	Усушка объемная полная, %
		$M \pm m$	$M \pm m$
Здоровая	Заболонь	0,502 ± 0,004	18,39 ± 0,31
	Спелая древесина	0,511 ± 0,004	18,12 ± 0,33
Водослойная	Заболонь	0,501 ± 0,005	16,96 ± 0,22
	Центральная часть	0,478 ± 0,003	18,23 ± 0,37
Начальная стадия гнили	Заболонь	0,467 ± 0,003	15,21 ± 0,20
	Центральная часть	0,451 ± 0,005	16,15 ± 0,58
Развитая гниль	Заболонь	0,444 ± 0,003	14,70 ± 0,19
	Центральная часть	0,330 ± 0,006	12,73 ± 0,22

#### Механические свойства здоровой и фаутной

Род древесины	Место взятия образцов	Предел прочности		
		сжатии вдоль волокон	статическом изгибе	растяжении вдоль волокон
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
Здоровая	Заболонь	386 ± 11	802 ± 10	962 ± 28
	Спелая древесина	386 ± 10	802 ± 10	1018 ± 32
Водослойная	Заболонь	419 ± 3	698 ± 13	1012 ± 26
	Центральная часть	387 ± 3	658 ± 8	867 ± 27
Начальная стадия гнили	Заболонь	367 ± 5	750 ± 5	1153 ± 24
	Центральная часть	355 ± 5	719 ± 5	974 ± 31
Развитая гниль	Заболонь	348 ± 5	731 ± 18	943 ± 26
	Центральная часть	255 ± 10	213 ± 39	294 ± 19

Наименование пораженной древесины «водослойная» и т. д. определено в зависимости для сравнения, не имела повреждений, то есть была здоровой.

\* К начальной стадии гнили была отнесена древесина, объемный вес которой снижен в процессе ее разрушения не более, чем на 10%.

\*\* Кроме того, для сезонного определения влажности на специальной пробной площади было срублено 28 модельных деревьев.

дельно для заболони и центральной (здоровой и пораженной) части ствола. Опыты были поставлены в 3—5 повторностях.

Средний нормальный ход изменения того или иного свойства устанавливали на совершенно здоровых кряжах и затем учитывали влияние конкретного повреждения на физико-механические свойства.

Всего было испытано 1486 образцов на физические свойства и 2794 образца — на механические. Полученные данные, обработанные статистическим методом, приведены в табл. 1 и 2.

Ниже дана характеристика изученных свойств древесины и установленных закономерностей.

**Объемный вес.** В здоровых деревьях осины объемный вес спелой древесины несколько больше, чем объемный вес заболони. Однако статистически эта разница не достоверна. Образование водослоя сопровождается разрушением древесины, что ведет к снижению объемного веса в среднем на 5—6%. Объемный вес свежесрубленной древесины может достигать до 0,80—0,90 г/см<sup>3</sup>, что является, по-видимому, одной из основных причин утопа при сплаве кряжей осины с водослойным ядром.

Таблица 1

## и фаутовой древесины осины

Разбухание, %		Водопоглощение, %	Влагопоглощение, %	Влажность при точке насыщения волокон, %
тангентальное	радиальное			
$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
10,87 ± 0,30	5,37 ± 0,18	190,8 ± 4,60	22,37 ± 0,247	38,51 ± 0,40
10,09 ± 0,16	5,21 ± 0,17	140,4 ± 3,02	22,35 ± 0,163	37,23 ± 0,35
10,31 ± 0,20	3,85 ± 0,09	202,0 ± 3,86	22,15 ± 0,186	37,06 ± 0,28
10,22 ± 0,19	5,25 ± 0,13	211,4 ± 1,79	22,88 ± 0,148	40,34 ± 0,45
10,66 ± 0,14	3,83 ± 0,05	203,7 ± 2,14	21,79 ± 0,256	32,67 ± 0,42
10,63 ± 0,34	3,95 ± 0,11	212,2 ± 2,60	22,40 ± 0,144	36,39 ± 0,64
10,59 ± 0,15	4,15 ± 0,11	210,8 ± 2,02	22,23 ± 0,096	36,01 ± 0,43
8,05 ± 0,35	3,90 ± 0,11	244,0 ± 4,37	22,72 ± 0,120	37,72 ± 0,71

Таблица 2

## древесины осины (при 15%-ной влажности)

(кг/см <sup>3</sup> ) при скальвании		Удельная работа при ударном изгибе, кгМ/см <sup>3</sup>	Твердость, кг/см <sup>2</sup>		
тангентальном	радиальном		торцовая	тангентальная	радиальная
$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
70 ± 2,0	56 ± 1,8	0,40 ± 0,012	275 ± 7	160 ± 6	160 ± 5
83 ± 2,3	61 ± 1,7	0,35 ± 0,010	290 ± 7	165 ± 6	170 ± 5
90 ± 1,5	67 ± 0,9	0,39 ± 0,015	250 ± 4	145 ± 2	165 ± 3
65 ± 0,9	63 ± 0,9	0,26 ± 0,009	260 ± 5	145 ± 2	160 ± 4
69 ± 1,3	53 ± 1,3	0,38 ± 0,009	315 ± 7	195 ± 5	175 ± 4
55 ± 1,4	51 ± 1,1	0,29 ± 0,013	305 ± 8	196 ± 6	175 ± 4
74 ± 2,0	67 ± 1,3	0,34 ± 0,009	250 ± 5	165 ± 4	165 ± 4
48 ± 2,2	40 ± 1,5	0,05 ± 0,004	150 ± 8	110 ± 4	110 ± 4

мости от характера повреждения центральной части кряжей. Во всех случаях заболонь,

**Влажность.** Обобщая полученные данные, можно назвать следующие пределы колебания влажности: заболонь 62—120; спелая древесина 55—108; водослойная древесина 140—216; гнилая древесина 50%.

Влажность заболони изменяется по высоте и радиусу ствола и подвержена сезонным колебаниям. Наибольшая влажность наблюдается в зимние месяцы, а наименьшая — у деревьев летней рубки. По высоте ствола влажность заболони повышается; обнаруживается некоторое снижение влажности только у деревьев январской рубки. По радиусу ствола влажность заболони уменьшается от периферии к центру.

Проведенные исследования не дают основания считать, что наличие сердцевинной гнили, даже имеющей большой объем, оказывает какое-либо существенное влияние на влажность древесины заболони.

Влажность спелой древесины изменяется по высоте ствола и в зависимости от сезона. По высоте ствола она падает. Наблюдаются и сезонные колебания влажности в спелой древесине, но они менее значительны, чем аналогичные в заболонной части ствола. За исключением зимних месяцев влажность спелой древесины в нижней части ствола выше, чем заболони. В верхней части ствола спелая древесина всегда содержит влаги меньше, чем заболонь.

Содержание влаги в водослойном ядре и характер ее изменения определяются типом водослойного ядра. В ядре без гнили, расположенном в комлевой части ствола, наблюдается постепенное снижение влажности в направлении от комля к вершине. Влажность водослойного ядра с гнилью изменяется под влиянием гнили, резко увеличиваясь в зоне, примыкающей к гнилой древесине. Влажность гнилой древесины зависит от стадии гнили и ряда других факторов. Комлевые гнили, как правило, содержат больше влаги, чем ствольные.

Усушка и разбухание. Спелая древесина по этим качествам мало отличается от заболонной (наблюдаемые различия в большинстве случаев недостоверны). Усушка и разбухание гнилой древесины зависят от стадии гнили: в начальной стадии процессы гниения приводят к увеличению, а в стадии развитой гнили — к снижению усушки и разбухания древесины, в связи с чем гнилая древесина осины отличается значительно более низкими показателями этих свойств по сравнению со здоровой и водослойной древесиной.

Водо- и влагопоглощение. Приведенные в табл. 1 данные являются конечными результатами опытов, проводившихся в течение двух месяцев. Из таблицы видно, что заболонная и спелая древесина, а также здоровая древесина и гниль существенно различаются по водопоглощению. Более низкие, чем у заболони, показатели водопоглощения спелой древесины объясняются закупоренностью ее водопроводящих путей тиллами; повышенное водопоглощение у фаутной древесины является результатом снижения объемного веса у водослойной и особенно у гнилой древесины. В отношении влагопоглощения существенных различий между исследованными древесиной установлено не было, однако следует отметить тенденцию к увеличению показателей влагопоглощения у водослойной и гнилой древесины.

Влажность при точке насыщения клеточных волокон была определена на основании уравнения Стемма. В одном из исследований [2] установлено, что этот метод определения максимальной гигроскопичности — наиболее приемлем и достаточно точен. Полученные нами данные показывают, что в процессе гниения и образования водослоя точка насыщения древесных волокон гигроскопической влагой повышается, а также что древесина осины вообще обладает высоким пределом гигроскопичности в сравнении с другими породами. Аналогичные цифровые данные для тополей приведены в другой работе [8].

Водопроницаемость была изучена с помощью прибора В. А. Баженова [1]. У спелой древесины при исследовании проникае-

мости вдоль волокон в течение первых двух недель опыта обнаружена только диффузная проницаемость и лишь спустя указанный срок можно было заметить сквозное прохождение воды в капельно-жидкой форме. В тангентальном и радиальном направлениях у этой древесины обнаружена только диффузная водопроницаемость.

Существенное различие в водопроницаемости спелой и заболонной древесины объясняется затиллованностью сосудов спелой древесины. Наличие тилл, по-видимому, сказывается не только на проницаемости вдоль волокон, но затрудняет передвижение влаги и в поперечном направлении. Водослойная древесина по водопроницаемости занимает среднее положение между заболонью и спелой древесиной, при этом по водопроницаемости вдоль волокон она ближе к заболонной и характеризуется интенсивной сквозной проницаемостью, а в тангентальном и радиальном направлениях — ближе к спелой древесине, так как в поперечном направлении у водослойной древесины, как правило, наблюдается диффузная проницаемость. Использование подкрашенных растворов позволило установить большую неравномерность в проницаемости отдельных участков водослойной древесины.

Механические свойства. Установлено, что по механической прочности заболонь и спелая древесина близки, хотя имеется некоторая тенденция к увеличению прочности у спелой древесины (кроме показателей удельной работы при ударном изгибе, которые у нее несколько ниже).

Образование водослойного ядра ведет к снижению механических свойств древесины в среднем на 10—20%, при этом особенно сильно снижается прочность при ударном изгибе, и лишь по статической твердости водослойная древесина не уступает здоровой. Механические свойства гнилой древесины осины ухудшаются по мере развития процессов гниения. Однако древесина с гнилью в начальной стадии имеет достаточно высокие абсолютные показатели прочности (по сравнению со здоровой древесиной они ниже лишь на 10—12%).

Древесина с развитой гнилью характеризуется снижением показателей прочности на 40—60% против здоровой древесины. Исследования зависимости между объемным весом (в пределах 0,15—0,40 г/см<sup>3</sup>) и показателями прочности для гнилой древесины позволили установить линейную зависимость между этими величинами при испытании на сжатие вдоль волокон и скалывание. Что касается связи между объемным весом и пределом прочности при статическом изгибе и растяжении, то в этом случае имеется более сложная корреляционная зависимость.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. А. Баженов. Проницаемость древесины и ее практическое значение. Изд. АН СССР, 1952. [2] Л. А. Баженова. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1961. [3] С. И. Ванин. Известия Ленинградского лесного института. Вып. 36, 1928. [4] В. С. Ильин. Реферативно-тезисный сборник научно-технической конференции Брянского лесохозяйственного института. Вып. III, 1959. [5] Б. М. Перепечин. Известия Ленинградского лесного института. Вып. 36, 1928. [6] О. И. Полубояринов и Л. Е. Чивиксин. Журн. «Лесная промышленность» № 10, 1962. [7] О. И. Полубояринов. Научные труды ЛТА. Вып. 102, 1963. [8] R. Trendelenburg. Das Holz als Rohstoff, München, 1955.

Поступила в редакцию  
27 мая 1964 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ПИЛОПРАВНЫХ БОЙКОВ И НАКОВАЛЕН

Л. А. ФЕДОСЕЕВ

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Установление оптимальных параметров ударных поверхностей (наличников) пилоправных бойков и наковален имеет большое практическое значение для ведения эффективной правки дисков пил.

При правке на диске не должно оставаться заметных следов от удара, остаточная деформация не должна ухудшать качества поверхности диска. Остаточная деформация диска при ударе во многом зависит от формы наличников бойка и наковальни. Неправильно принятые параметры их приводят к недопустимо большим деформациям смятия (вмятины, выбоины) и изгиба, часто наблюдаемым на дисках при малом радиусе закругления бойка, или к малоэффективной правке (поверхностному наклепу) при большем радиусе.

Исследование различных форм ударных поверхностей бойков и наковален в тесной связи с деформацией при ударе позволит найти их оптимальные значения. С этой целью были изучены следующие бойки: 1) круглые, с наличником в форме шаровой поверхности; их будем называть шаровыми бойками; 2) продольные двух видов — а) с наличником, который закруглен вдоль бойка по большому радиусу  $R_{\text{БК}}$ , а поперек бойка — по радиусу  $r_{\text{БК}}$ , во много раз меньшему. Такие бойки, по форме поверхности представляющие часть тороида, называются тороидальными; б) с наличником, выполненным по цилиндрической поверхности. Радиус закругления такого наличника вдоль бойка равен тороидальному, а поперек бойка наличник не имеет закругления ( $r_{\text{БК}} = \infty$ ). Такие бойки называются цилиндрическими.

Из пилоправных наковален исследовали следующие: 1) с плоской формой поверхности наличника; 2) со сферической формой; 3) наковальни, у которых форма поверхности такая же, как у наличника шарового бойка, то есть радиусы закругления наличника наковальни  $R_{\text{НК}}$  и бойка  $R_{\text{БК}}$  равны.

Наковальни и бойки с равными радиусами закругления наличников дают возможность получать при ударе одинаковые контактные площадки на диске как со стороны наковальни, так и со стороны бойка, что играет важную роль при обработке дисков пил, у которых требуется изменить лишь напряженное состояние (например, при правке диска, имеющего большую выпуклость, или при проковке дисков) за счет деформации смятия, то есть уменьшения толщины его без изгиба.

Принятые для исследования типоразмеры пилоправных бойков и наковален приведены в табл. 1. Они охватывают почти все наиболее часто встречающиеся на практике размеры.

Таблица 1

Название пилоправных инструментов	Тип	Радиус закругления наличника бойка, мм		Радиус закругления наковальни
		$R_{бк}$	$r_{бк}$	$R_{нк}$ , мм
Бойки шаровые	1	50	—	—
" "	2	75	—	—
" "	3	125	—	—
" "	4	175	—	—
" "	5	225	—	—
Бойки торондальные	1	225	20	—
" "	2	275	20	—
" "	3	325	20	—
" "	4	225	30	—
" "	5	275	30	—
" "	6	325	30	—
Бойки цилиндрические	1	225	$\infty$	—
" "	2	275	$\infty$	—
" "	3	325	$\infty$	—
Наковальни плоские	1	—	—	$\infty$
" сферические	1	—	—	14200
" $R_{нк} = R_{бк}$	1	—	—	50
" "	2	—	—	75
" "	3	—	—	125
" "	4	—	—	175

Экспериментальное исследование характера деформации при ударе в зависимости от радиусов закругления ударных поверхностей бойка и наковальни было проведено на специальных образцах — стальных пластинках, которые вырезали из стали 85ХФ, то есть из пильных дисков, изготовленных по ГОСТу 980—53. Пластинки представляли собой правильный восьмиугольный многоугольник, диаметр описанной окружности которого был равен 70 мм (рис. 1). Такая форма пластинок позволяла легко их изготавливать и при ударе по центральной части пластинки получать осесимметричное деформированное состояние. Толщина пластинки была принята равной  $2,50 \pm 0,03$  мм и имела класс чистоты поверхности 10—11. Это достигалось шлифованием их мелкозернистым графитизированным кругом на плоскошлифовальном станке и проверкой на микроскопе сравнения МС-51 по эталонам чистоты поверхности. Разнотолщинность одной пластинки не превышала 4—6 мк.

Для исключения влияния неравномерной твердости на деформацию пластинки при ударе все пластинки были проверены на твердость. Твердость измеряли на приборе ТК-2 методом вдавливания в пластинку алмазного конуса. В процессе измерения для проведения исследования отбирали только те пластинки, твердость которых составляла 39—40 НРА.

Отшлифованные плоские стальные пластинки укладывали на наковальню правильно-проковочного устройства, специально разработанного для проведения экспериментов, и исследуемым бойком, закрепленным в этом устройстве, по пластинке наносили прямой центральный удар. Каждым из приведенных в табл. 1 бойков было нанесено по десять ударов, причем по каждой пластинке — только один удар. Энергию удара задавали по шкале отсчета правильно-проковочного устройства посредством осевого сжатия оттарированной пружины.

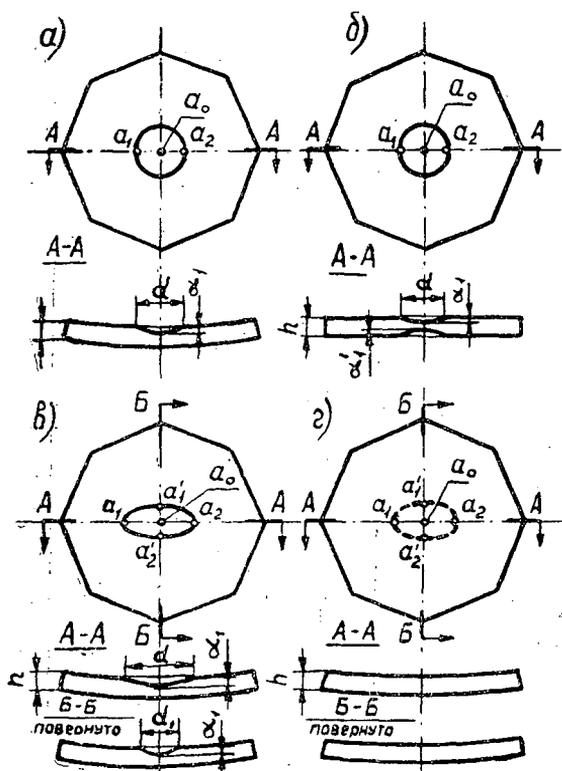


Рис. 1. Деформация стальных пластинок от удара бойками.

*a* — шаровым по пластинке на плоской и сферической наковальнях; *б* — шаровым по пластинке на наковальне  $R_{НК} = R_{БК}$ ; *в* — торoidalным по пластинке на плоской и сферической наковальнях; *г* — цилиндрическим на плоской и сферической наковальнях.

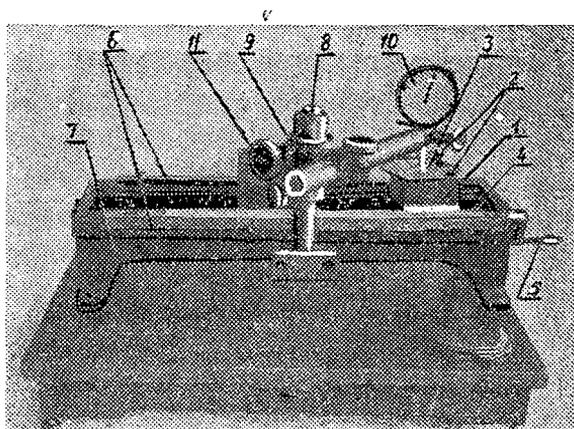


Рис. 2. Прибор для измерения глубины отпечатка.

Известно, что процессы пластической деформации и напряженного состояния металлов, протекающие при ударе, очень сложны и до сих пор неполностью изучены. Поэтому, не касаясь физико-химической сто-

роны и механизма протекания пластической деформации, рассмотрим эти процессы лишь со стороны внешне-геометрического изменения толщины пластинки в месте удара, по показателям глубины  $\alpha_1$  и диаметра отпечатка  $d$  (рис. 1).

Величину местной пластической деформации, характеризуемой глубиной отпечатка  $\alpha_1$ , измеряли на приборе типа профилографа (рис. 2). На опорной платформе 1 по трем точкам опоры (эти точки на рисунке не видны, так как на них лежит пластинка) и боковым упорным винтам 2 базируется исследуемая пластинка 3. Опорная платформа посредством микрометрического винта 4 от вращения рукоятки 5 движется в направляющих 6, точно выполненных и подогнанных к корпусу 7 измерительного прибора. К передней стенке корпуса двумя винтами закреплена вертикальная стойка 8, по которой движется вверх и вниз державка 9 вместе с измерительной рычажно-зубчатой головкой 10, для фиксирования которой в настроенном положении служит винт 11.

Измерительная рычажно-зубчатая головка типа МКМ обладает высокой чувствительностью. Она имеет пределы измерения  $\pm 0,05$  мм с ценой деления шкалы 0,001 мм, предельная погрешность показаний лежит в пределах  $\pm 0,0005$  мм. Такая высокая чувствительность и точность показаний измерительной головки позволяла измерять глубину отпечатка от 1—2 до нескольких десятков микрон.

При измерении стержень измерительной головки упирался в исследуемую пластинку вблизи следа от удара и стрелку настраивали на показание (по шкале рычажно-зубчатой головки), близкое к нулю, или на нуль. Затем опорную платформу двигали вращением рукоятки и по ходу движения записывали три показания стрелки:  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — на контуре отпечатка по его диаметру,  $\alpha_0$  — в центре отпечатка (для случая нанесения удара по пластинке шаровым бойком). Если же удар был сделан тороидальным или цилиндрическим бойками, то дополнительно записывали еще два замера вдоль малой оси отпечатка  $\alpha'_1$  и  $\alpha'_2$ . След отпечатка от удара на отполированной пластинке хорошо виден простым глазом, поэтому точки для замеров намечали с достаточной точностью.

Получив показания измерительной головки в замеряемых точках, глубину отпечатка  $\alpha_1$  мы легко определяли из выражения

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 \pm \alpha_2}{2} - \alpha_0 \text{ мм.}$$

В том случае, когда требовалось определить глубину отпечатка вдоль малой оси, вместо значений  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  подставляли  $\alpha'_1$  и  $\alpha'_2$  (рис. 1, в). Кроме  $\alpha_1$  и  $\alpha'_1$  также замеряли и диаметры отпечатка  $d$  и  $d'$ .

Изложенный метод исследования различных ударных поверхностей бойков и наковален позволил определить глубину отпечатка  $\alpha_1$  и диаметр его  $d$  при ударе в зависимости от радиусов закругления и формы наличников бойков и наковален  $R_{\text{бк}}$ ,  $r_{\text{бк}}$ ,  $R_{\text{нк}}$  (при величине энергии удара  $E = \text{const}$ ) и от величины энергии удара  $E$  (при  $R_{\text{бк}}$ ,  $r_{\text{бк}}$  и  $R_{\text{нк}} = \text{const}$ ).

При установлении зависимости глубины и диаметра отпечатка от радиусов закругления наличников бойка и наковален для пластинок-образцов толщиной 2,5 мм энергия удара составляла 1,76 кГм, то есть была равна величине, затрачиваемой пилотправами при правке дисков такой же толщины. При установлении зависимости глубины отпечатка от энергии удара величина последней менялась в пределах от 1,0 до 2,5 кГм. Замеры глубин и диаметров отпечатков обрабатывали методами математической статистики. По полученным данным строили графики

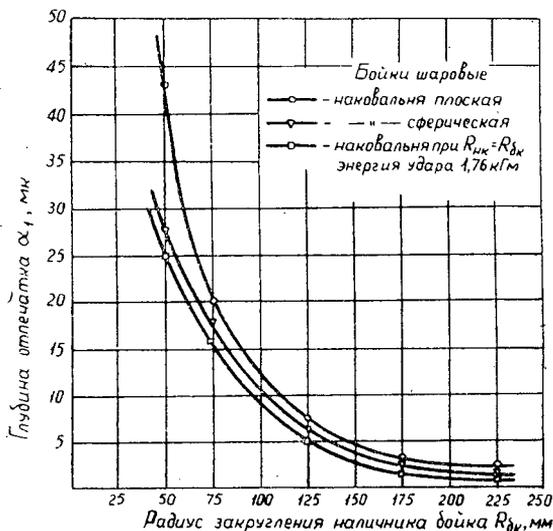


Рис. 3. Зависимость глубины отпечатка от радиуса закругления наливников шаровых бойков.

и по ним устанавливали оптимальные радиусы закругления наливников бойков.

Анализ кривых, изображенных на рис. 3, показывает, что с увеличением радиуса закругления наливника шарового бойка глубина отпечатка  $\alpha_1$  при ударе резко уменьшается и при  $R_{бк} = 225$  мм составляет всего лишь  $2,0 \div 2,5$  мк, тогда как для радиуса бойка  $R_{бк} = 50$  мм она достигает 41 мк, то есть почти в 20 раз больше. Из графика видно, что глубина отпечатка при ударе шаровым бойком по пластинке, находящейся на плоской наковальне, больше, чем при ударе таким же бойком по пластинке, расположенной на сферической наковальне, и еще больше, чем на наковальне при  $R_{бк} = R_{нк}$ . Эта разница весьма значительна при ударе шаровым бойком меньших размеров ( $R_{бк} = 50 \div 100$  мм) и приближается почти к равным значениям при  $R_{бк} = 225$  мм и более.

При исследовании оборотной, соприкасающейся с наковальной поверхности\* пластинки при ударе шаровым бойком по пластинке, находящейся на плоской и сферической наковальнях, обнаружить следов отпечатка не удалось, так как величина его находится в области упруго-пластических деформаций.

При ударе по пластинке, находящейся на наковальне (форма наливника которой равна форме наливника шарового бойка, то есть  $R_{нк} = R_{бк}$ ), на оборотной поверхности пластинки, как и на лицевой легко обнаруживаются местные пластические деформации, по глубине и диаметру отпечатка подобные и почти равные между собой.

Возникающие деформации при ударе шаровыми бойками всех принятых типоразмеров на трех различных по форме наливника наковальнях (плоской, сферической и при  $R_{нк} = R_{бк}$ ) имеют вид сферического отпечатка. Если рассматривать эту деформацию относительно центра удара, то она будет осесимметричной, а, следовательно, и возникающие

\* Поверхность, на которой имеется маркировка завода-изготовителя и обозначения автора, принята за лицевую, а противоположная ей — за оборотную.

напряжения по величине и знаку также будут осесимметричными. В центре они имеют наибольшие значения; по мере удаления от него будут уменьшаться, достигнув наименьшего значения на контуре отпечатка.

Шаровые бойки более эффективны при исправлении следующих дефектов: большая выпуклость, малая жесткость средней зоны крыловатости (причиной которой является ослабление режущей части) и локальные выпуклости круглой формы, а также при проковке диска пилы.

Как уже упоминалось, важнейшим требованием доброкачественной ударной обработки дисков пил является отсутствие на их поверхности заметных вмятин (следов от удара) и резких выбоин. Экспериментально нами установлено, что указанному требованию отвечает глубина отпечатка  $\alpha_1$ , находящаяся в пределах 3—10 мк. При  $\alpha_1 > 10$  мк появляются заметные следы от удара (которые приводят к местным неровностям), ухудшающие общую плоскостность пильных дисков. С другой стороны, при незначительных  $\alpha_1$  ( $< 3$  мк) начинает сказываться явление поверхностного наклепа в большей степени, чем эффективность правки.

Из полученной зависимости (рис. 3) находим, что значениям  $\alpha_1 = 3—10$  мк соответствуют следующие радиусы закругления шаровых бойков: для плоской наковальни 200—115; для сферической — 175—110; для наковальни  $R_{нк} = R_{ок} = 165—105$  мм. Из графика также видно, что форма наковальни в области значений  $\alpha_1 < 10$  мк незначительно влияет на величину местной пластической деформации. Но принимая во внимание, что наковальня со сферическим наличником создает лучшие условия прилегания к ней пластинки и устраняет ее вибрации (дребезжания), применение наковальни с плоским наличником считается нецелесообразным. Что касается наковальни, радиус закругления которой равен радиусу закругления наличника шарового бойка, то применение ее наиболее рационально для исправления вышеперечисленных дефектов и особенно для проковки, то есть в тех случаях, когда важно при ударе получить на диске равные контактные поверхности как со стороны бойка, так и со стороны наковальни.

Для принятых наковален (сферической и при  $R_{нк} = R_{ок}$ ) радиусы закругления наличника бойков (для  $\alpha_1 = 3 \div 10$  мк) составляют 175—105 мм. Если привести их к среднему значению, то оптимальный радиус шарового бойка будет равен 140 мм.

Влияние тороидальных бойков на характер и величину местных пластических деформаций при ударе по стальной пластинке изображено кривыми на рис. 4. Эти бойки были изучены на двух видах наковален — плоской и сферической. Кривые показывают, что при ударе тороидальным бойком по пластинке, расположенной на плоской наковальне, глубина отпечатка на 20—30% больше, чем при ударе по пластинке, находящейся на сферической наковальне. Поскольку малый радиус закругления тороидальных бойков (радиус закругления поперек бойка) в 10—20 раз меньше продольного радиуса закругления ( $R_{ок}$ ), то он и определяет глубину отпечатка при ударе. Если сравнить удары бойками, поперечные радиусы  $r_{ок}$  которых равны 20 и 30 мм, а продольный  $R_{ок} = 325$  мм, то глубина отпечатка  $\alpha_1$  соответственно равна 23,4 и 19,3 мк, то есть для первого бойка она значительно больше, чем для второго.

Глубина отпечатка при ударе тороидальными бойками в два раза больше, чем при ударе шаровыми, что заметно ухудшает плоскостность диска пилы. Для того чтобы этого не происходило и значения  $\alpha_1$  не превышали ранее установленных 10 мк, при ударе тороидальными бой-

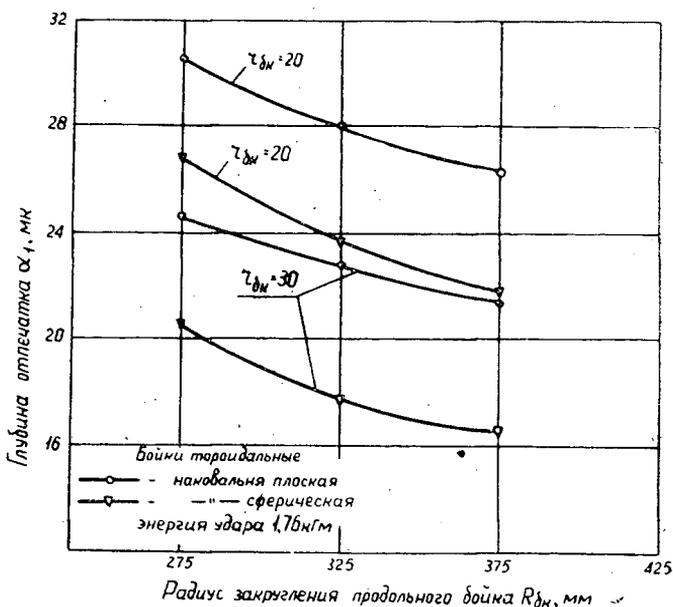


Рис. 4. Зависимость отпечатка от радиуса закругления наковальников торoidalных бойков.

ками необходимо уменьшать энергию удара в 1,5—2,0 раза, приняв ее равной 0,8—1,2 кГм.

Возникающая при ударе этим бойком деформация имеет вид эллипсоида. Величина остаточных напряжений, находящихся в прямой зависимости от этой деформации, достигает наибольших значений в направлении поперек бойка; поэтому эти бойки дают лучшие результаты при исправлении таких дефектов, как изгибы, выпучины продолговатой формы, крыловатости (причиной которых являются искривления диска пилы) и т. д. При этом удары следует наносить так, чтобы ось бойка совпадала с продольной осью изгиба, выпучины или другого исправляемого дефекта.

Рассмотрев характер и величину деформации при ударе торoidalными бойками и их назначение, а также учитывая, что продольный радиус (в рассмотренных пределах) не имеет существенного значения при ударной обработке, в качестве оптимальных параметров этих бойков приняты следующие:  $r_{\text{бк}} = 30 \text{ мм}$ ,  $R_{\text{бк}} = 275 \text{ мм}$ .

Из применяемых на практике пилоправных бойков были также исследованы такие, форма наковальника которых выполнена в виде цилиндрической поверхности. В отличие от торoidalных бойков цилиндрические не имеют закругления в направлении поперек бойка, то есть  $r_{\text{бк}} = \infty$ .

Сохраняя условия постановки эксперимента прежними, цилиндрические бойки исследовали на плоской и сферической наковальнях. След (отпечаток) от удара этим бойком имел вид эллипсоида, глубина которого была настолько мала, что измерить ее с достаточной точностью прибором, описанным выше, не представилось возможным. Деформация, возникающая при ударе цилиндрическим бойком с радиусом закругления наковальника вдоль продольной оси, равным 275 мм, находится в области упругих деформаций. Размеры следа отпечатка от удара этим бойком, измеренные по контуру эллипсоида, составляли по большой оси 13, по малой — 10,5 мм. Небольшая глубина отпечатка обуславливается

прежде всего большим радиусом закругления цилиндрического бойка. Чтобы на диске пилы не оставалось выбоин, удары следует наносить центральной частью (поверхностью) бойка с большой осторожностью, избегая ударов кромками. Широкого распространения цилиндрические бойки не получили. Применяются они лишь иногда для окончательной чистовой правки дисков пил при необходимости «сглаживания» небольших местных неровностей. Однако и здесь они во многих случаях с успехом заменяются шаровыми и тороидальными бойками.

Изучение влияния различных форм ударных поверхностей бойков и наковален на величину и форму деформации и установление их оптимальных параметров в зависимости от этих деформаций мы проводили при неизменной энергии удара, соответствующей толщине диска, равной 2,5 мм. Но энергия удара при правке непостоянна, она соотносится с характером, величиной и формой дефекта, а также с толщиной обрабатываемого диска. Поэтому для назначения режимов правки дисков пил важно знать изменение глубины отпечатка (как наиболее определяющего показателя) от величины назначаемой энергии удара.

На рис. 5 изображены графики зависимости глубины отпечатка от величины энергии удара.

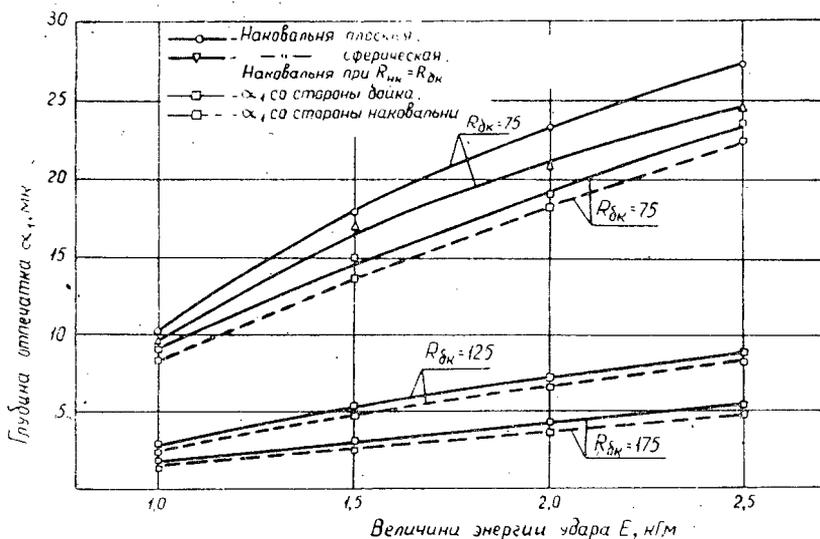


Рис. 5.

Из этого рисунка видно, что глубина отпечатка при ударе шаровым бойком при радиусе  $R_{бк} = 75$  мм (верхние три кривые) по пластинке, находящейся на плоской наковальне, больше, чем на сферической, и еще больше, чем на наковальне при  $R_{нк} = R_{бк}$ . Однако разница в глубине отпечатка для плоской и сферической наковален весьма мала и не превышает 0,5—2,0 мкм, а для плоской наковальни и наковальни при  $R_{нк} = R_{бк}$  — значительна и достигает 1,0—4,0 мкм.

С увеличением энергии удара глубина отпечатка возрастает сравнительно быстро при ударе шаровыми бойками с малыми радиусами закругления и значительно медленнее при ударе шаровыми бойками с большими радиусами закругления. Это подтверждают верхние три кривые: они гораздо круче, чем нижние.

Заметим, что в данном опыте исследовали шаровые бойки и наковальни при  $R_{нк} = R_{бк}$ . При ударе шаровым бойком по пластинке, находящейся на наковальне ( $R_{нк} = R_{бк}$ ), в пластинках возникали отпечатки как со стороны бойка, так и со стороны наковальни. Данные замеров этих отпечатков, выраженные кривыми на рис. 4, показывают, что их глубина на обеих поверхностях почти одинакова, хотя и имеется некоторое увеличение ее со стороны бойка.

Суммарная величина деформации смятия (глубины отпечатка) в полтора и более раз превосходит деформацию смятия при ударе на плоской и сферической наковальнях, а, следовательно, и напряжения, возникающие при этом, также больше. Поэтому наковальни, радиус закругления которых равен радиусу закругления бойка, весьма эффективны при правке выше упомянутых дефектов и особенно при проковке.

Таким образом, на основе анализа графиков зависимостей местных пластических деформаций можно прийти к выводу, что для ударной обработки дисковых пил наиболее эффективными являются шаровые и тороидальные бойки и наковальни (со сферическим наличником и наличником по форме и размерам, равным шаровому бойку, то есть  $R_{бк} = R_{нк}$ ).

Установлены следующие оптимальные параметры этих бойков и наковален: радиус закругления шаровых бойков 140 мм; радиус закругления тороидальных бойков — вдоль бойка  $R_{бк} = 275$  мм, поперек бойка  $r_{бк} = 30$  мм; радиус закругления наковальни со сферическим наличником 14000 мм; радиус закругления наличника наковальни равен радиусу закругления шарового бойка  $R_{нк} = R_{бк} = 140$  мм.

Поступила в редакцию  
10 января 1964 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ  
БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ ИЗ ХВОЙНЫХ ПОРОД

## Сообщение 3

**Н. Я. СОЛЕЧНИК**

Профессор, доктор технических наук

**К. ХАМАР**

Кандидат технических наук

**В. М. АНИКИЕВА**

Старший инженер Проблемной лаборатории

(Ленинградская лесотехническая академия)

В проблеме получения древесного пластика без связующих из измельченной древесины пока еще имеется много нерешенных теоретических вопросов. В частности, окончательно нерешен вопрос о роли отдельных компонентов древесины в разных стадиях создания пластика. Например, разные исследователи имеют разные мнения о значении лигнина. Одни считают [3], [5], что лигнин является тем компонентом, от которого в основном зависят свойства пластика и что при термогидролитической обработке в древесине образуются (вследствие деполимеризации, расщепления лигниноуглеводного комплекса) продукты разложения лигнина, которые в первичном состоянии или во вторичном, например, в состоянии конденсации, осуществляют склеивание частиц древесины адгезией на основе межмолекулярных сил связи. Другие полагают [2], [6], [7], что в этих процессах не лигнин играет основную роль, а гемицеллюлозная часть. Третьи считают [1], что связующими компонентами частично гидролизованной древесины являются спирторастворимый лигнин, смесь растворимых в воде промежуточных продуктов превращения углеводов и гуминовые вещества.

Ранее мы сделали вывод, что водный экстракт играет решающую роль во время прессования пластика при приготовлении его без связующих из гидролизованных водных (автокаталитическим гидролизом в первой фазе) опилок древесины ели.

Для дополнения этого вывода и получения некоторых сведений о том, какие изменения происходят с лигнином в процессе получения пластика и какую роль в этом процессе играет лигнин, мы изготовили пластики из опилок с различным содержанием лигнина и изучили количество и состав растворимых в спирто-бензоле, выход ванилина до и после водного гидролиза и после прессования.

### Экспериментальная часть

Нами было найдено, что пластик без связующего из опилок древесины ели можно получить с повышенными физико-механическими показателями в том случае, если в результате автокаталитической гидролитической деструкции легкогидролизуемая часть полностью превращается в растворимое состояние. Для древесины ели это состояние наступает после водного гидролиза при  $t = 160^\circ\text{C}$  и выше в течение двух часов.

Спиртобензольный экстракт. Высушенные гидролизованные при  $170^\circ\text{C}$  в течение двух часов опилки экстрагировали спиртобензольной (1:1) смесью. Растворитель испаряли под вакуумом 720 мм рт. ст. и остаток досушивали до постоянного веса при вакууме 700 мм рт. ст. и температуре  $40^\circ\text{C}$ . Выход экстракта от гидролизованных опилок составлял 16,2, а от исходной древесины — 14,9%.

Из экстракта (после сушки до постоянного веса) удаляли часть, растворимую в холодной (при комнатной температуре) воде и остаток снова высушивали под вакуумом до постоянного веса. Состав спиртобензольного экстракта — водорастворимая часть 73,0; спирторастворимая 26,6; спиртонерастворимая 0,4%.

Остаток (4,1% от исходной древесины) после удаления растворимых в холодной воде обрабатывали по методике Браунса [4] для выделения лигнина. Выяснилось, что экстракт содержит 3,2% лигнина от исходной древесины, очень напоминающего «нативный» лигнин. Очищенное пересажением по Браунсу вещество имеет кремовый цвет (со временем темнеет) и содержит 14,4% метоксильных групп. Ультрафиолетовый адсорбционный спектр спиртового раствора полностью совпадает со спектром нативного лигнина, как это видно из рис. 1.

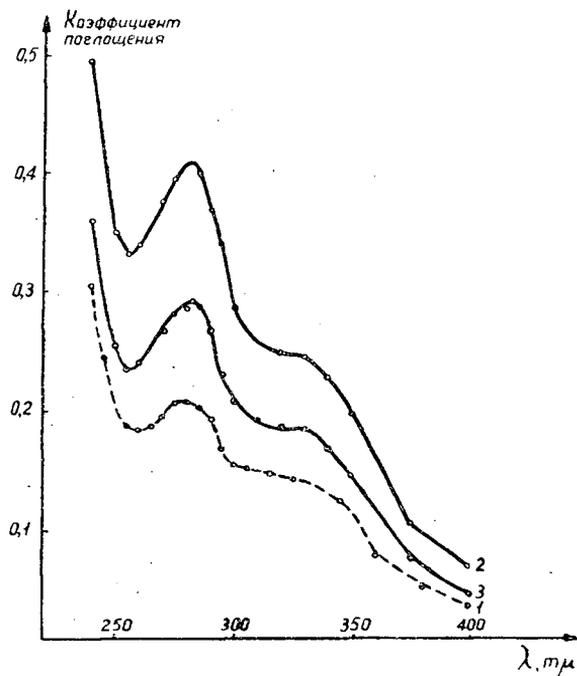


Рис. 1. Ультрафиолетовый спектр поглощения экстрактов.

- 1 — пересажённый лигнин; 2 — вещество, выделенное из пластика при температуре прессования  $180^\circ\text{C}$ ;  
3 — вещество, выделенное из пластика при температуре прессования  $200^\circ\text{C}$ .

Этот лигнин не играет существенной роли в создании прочности пластика. Отсутствие его не влечет за собой заметных изменений в свойствах пластика.

Чтобы получить хотя бы приблизительно ответ на вопрос, что происходит с этой частью лигнина во время прессования, пластики, полученные при температурах прессформы 180 и 200°С, экстрагировали спирто-бензольной смесью. После очистки остаток растворяли в спирте и снимали ультрафиолетовый спектр. Как видно из рис. 1, в спектрах имеется разница.

Максимум поглощения остается такой же, но после него линия поглощения ультрафиолетовых лучей становится ярче в области более длинных волн, в зависимости от жесткости условий прессования. (Можно предполагать, что продукты распада сахаров перекрывают адсорбции лигнинных продуктов в области максимума 280  $m\mu$ . Из литературы известно, что эти продукты не обнаруживают новых полос поглощения после максимума в области более длинных волн). Появление новой полосы поглощения в области около 340  $m\mu$  возможно, по всей вероятности, за счет разложения лигнина и освобождения в боковой цепи новых групп. Известно [4], что хромофоры —  $\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ; —  $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ ; —  $\text{CO}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ ; —  $\text{CH}(\text{OH})-\text{CO}-\text{CH}_3$  и т. д. абсорбируют в области выше 300  $m\mu$ .

Выход ванилина. Некоторые авторы считают, что для выяснения участия лигнина в создании прочности пластика путем его уплотнения конденсацией с успехом может быть использован метод определения количества ванилина, образующегося при окислении лигнина щелочным нитробензолом по методу Фрейденберга. Выход ванилина (% от лигнина) составляет: в исходной еловой древесине — 22,5; в гидролизованной древесине — 23,2; в пластике — 22,9%.

Результаты показывают, что еловая древесина после парового гидролиза при 160°С и после последующего прессования при щелочном окислении нитробензолом дает столько же ванилина в пересчете на лигнин, содержащийся в исходной древесине (по Комарову), сколько и исходная древесина. Эти данные указывают на то, что при образовании пластика едва ли может иметь место значительная кислая конденсация лигнина.

Влияние количества лигнина на свойства пластика. Ответ на этот вопрос можно получить, проведя частичную делигнификацию древесины и приготовляя из этих препаратов пластики.

Приготовленные с частичной делигнификацией (обработка с перуксусной кислотой) опилки подвергали гидролизу (в сетчатом цилиндре) в паровой фазе при температуре 180°С в течение двух часов. Образцы прессовали при одинаковых условиях — температура 180°С, время прессования 1 мин/мм, удельное давление 250  $\text{кг/см}^2$ .

В табл. 1 показаны свойства пластика в зависимости от количества лигнина.

Таблица 1

Количество лигнина, %	Прочность на изгиб, $\text{кг/см}^2$	Водопоглощение за 24 час, %	Набухание за 24 час, %
28,0	375	5,0	5,7
23,1	401	2,9	4,2
19,2	398	4,0	6,6
14,7	408	11,7	13,9
2,7	474	23,4	34,7

Из данных табл. 2 можно заключить, что роль лигнина напоминает роль гидрофобного компонента в создании свойств пластика из гидролизованых опилок древесины ели. С уменьшением количества лигнина прочность на изгиб улучшается, а водопоглощение и набухание образцов ухудшаются.

На основе изложенного выше теоретического исследования мы разработали техническую схему производства древесного пластика из древесины ели без связующих. Процесс состоит из двухчасового водного гидролиза опилок при  $180^{\circ}\text{C}$ , сушки гидролизованных опилок при  $110\text{--}120^{\circ}\text{C}$  до 2—3%-ной влажности и прессования при  $180\text{--}185^{\circ}\text{C}$  в течение 1 мин/мм толщины при удельном давлении  $250\text{ кг/см}^2$ . В этих условиях получается пластик с объемным весом  $1,33\text{--}1,35\text{ г/см}^3$ , с временным сопротивлением статическому изгибу  $320\text{--}360\text{ кг/см}^2$ , с водопоглощением за сутки 4—4,5% и набуханием 3,5—4%. Сопротивление пластика истиранию примерно вдвое выше, чем древесины дуба.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. П. Лосев, Л. В. Гордон. Сборник трудов ЦНИЛХИ. Вып. 9, стр. 54.  
[2]. Н. Эгланд. Svensk Papperstidning, 1955, № 2, т. 58, с. 50. [3]. R. N. Boehm. Modern Plastics, 15, 56, 1937 и Paper Trade Journ. 26, 24, 1949. [4]. Brauns. The chemistry of Lignin, 1952. [5]. W. Klauditz, G Stegmann. Holz, als Roh und Werkstoff, 1955, n. 11. [6]. K. Kürschner. Chemie des Holzes, Berlin, 1962, s. 81. [7]. R. Rünkel. Das Papier, N. 1/2, Januar, 1951.

Поступила в редакцию  
11 декабря 1963 г.

## ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ НА ПРОКЛЕЙКУ БУМАГИ

### Сообщение 2

**А. Ф. КИПРИАНОВА**

Аспирант

**В. И. ЮРЬЕВ**

Профессор, доктор технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

По вопросам адсорбции алюминия и железа целлюлозой проведен ряд исследований [3], [5], [6], [9], [10], [11], [12], [13]. Установлено, что состояние этих элементов в растворах их солей определяется активной кислотностью среды. При низких рН [9] (примерно до 3—3,5) алюминий существует, главным образом, в виде трехвалентных ионов, с увеличением рН в результате гидролиза в растворе появляются основные соли и мицеллы гидрата окиси. В кислой области мицелла гидрата окиси алюминия заряжена положительно, в щелочной — отрицательно. Изотерма адсорбции алюминия целлюлозой проходит через максимум, который лежит при  $\text{pH} = 5-5,5$ ; примерно до  $\text{pH} = 3,5$  алюминий адсорбируется обменно в форме трехвалентного катиона; при более высоких рН происходит специфическая адсорбция основных солей и гидрата окиси алюминия.

Средние соли железа гидролизуются еще легче, чем алюминия. Уже при  $\text{pH} = 2$  в растворе образуется коллоидная гидроокись железа. С образованием положительно заряженных мицелл гидрата окиси адсорбция железа на волокне резко возрастает. Изотерма имеет максимум [5], который в зависимости от характера средней соли лежит при рН от 2,25 до 2,58. В случае адсорбции железа из растворов средних солей, приготовленных с ацетатным буфером (в которых железо находится в устойчивой форме), кривая поглощения железа целлюлозой не имеет максимума, а постепенно возрастает до  $\text{pH} = 4,61$ . При низких рН трехвалентное железо адсорбируется на целлюлозе в виде ионов  $\text{Fe}^{3+}$ . При более высоких рН ( $\sim 5$ ) все поглощенное железо практически находится в неионной форме.

В условиях целлюлозно-бумажного производства кислотность среды такова, что железо может находиться в растворе, главным образом, в виде его основных солей и коллоидной гидроокиси. Влияние адсорбции железа целлюлозой на проклейку бумаги не было исследовано. Недостаточно изучено и влияние адсорбции алюминия в зависимости от рН равновесного раствора на этот процесс бумажного производства. Проведенные ранее исследования ограничиваются, в основном, изучением

адсорбции алюминия волокном при разных рН равновесного раствора и не содержит результатов определения степени проклейки бумаги в зависимости от этой адсорбции. Изучая адсорбцию алюминия целлюлозой в отсутствие смоляного клея (который не является инертным по отношению к глинозему), исследователи пытаются объяснить роль алюминия при проклейке бумаги, не учитывая того, что поглощение его целлюлозой происходит после распределения клея в массе. Согласно их представлениям [2] алюминий, поглощенный волокнистым материалом в процессе проклейки, является связующим агентом между клеевым осадком и волокном. Материала, подтверждающего адсорбцию алюминия целлюлозой в момент проклейки и устанавливающего зависимость между величиной этой адсорбции и степенью проклейки, в литературе мы не нашли.

Целью настоящей работы было изучить влияние адсорбции алюминия и железа в зависимости от рН равновесного раствора на проклейку бумаги.

Для опытов брали небеленую сульфитную целлюлозу, обеззоленную 0,1 н. раствором HCl. После тщательной промывки дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод по метилоранжу навеску влажной целлюлозы погружали в раствор соответствующей соли при определенном рН. Алюминий адсорбировался из 0,2 н. растворов  $AlCl_3$ , рН которых изменяли с помощью 0,1 н. раствора NaOH. От механически увлеченного раствора целлюлозу промывали на воронке Бюхнера с бумажным фильтром. В случаях, когда раствор содержал осадок, промывку производили на той же воронке без фильтра.

В образцах целлюлозы были определены адсорбция и способность к проклейке. Общее содержание алюминия в целлюлозе определяли методом вытеснения его 0,1 н. раствором HCl [8], алюминий в растворе — весовым методом в виде оксихинолята [1], количество основных солей — по содержанию гидроксильных групп, связанных с алюминием [7]. Железо адсорбировалось из 0,1 н. растворов  $FeCl_3$ , приготовленных на ацетатном буфере. Количество адсорбированного железа определяли по весу золы. Для проклейки применяли белый канифольный клей с содержанием 30% свободной смолы. Для всех разбавлений целлюлозной суспензии и отлива образцов бумаги применяли дистиллированную воду. В табл. 1 представлены результаты определения степени проклейки в зависимости от адсорбции алюминия при разных рН равновесного раствора.

Таблица 1

рН равновесного раствора	Общее содержание алюминия, $\frac{м-экв}{100 г}$	Адсорбировано основных солей, $\frac{м-экв}{100 г}$	рН при проклейке	Степень проклейки при добавлении			
				1,5% клея + 2,0% глинозема		1,5% клея	
				мм	сек	мм	сек
—	—	—	3,4	0,5	12,4	—	—
2,3	3,16	—	3,53	0,7	21,2	—	—
3,81	23,14	10,43	4,01	1,2	30,4	0,5	14,6
4,38	40,60	27,60	4,28	1,4	34,4	1,0	27,1
4,65	41,60	29,80	4,25	1,22	29,8	0,8	31,3
4,75	40,01	20,43	4,26	1,2	30,2	0,9	21,3
5,51	35,59	18,27	4,25	1,27	29,7	1,0	22,8
6,65	8,16	2,55	4,12	1,0	27,4	Нет	Нет

Наряду с трехвалентными катионами алюминия адсорбция основных солей и гидроксиды алюминия также благоприятно влияет на проклейку бумаги. Степень проклейки возрастает по мере адсорбции алю-

миния и достигает оптимального значения при некотором содержании его в целлюлозе. Дальнейшее повышение адсорбции алюминия не влияет на проклейку бумаги. При поглощении целлюлозой достаточного количества основных солей и гидроокиси проклейка может производиться без глинозема. Оптимальная степень проклейки в этом случае наблюдается при более высокой адсорбции основных солей и гидроокиси алюминия волокнистым материалом. Это, вероятно, связано с тем, что здесь фиксация клеевых частиц на волокне происходит при помощи положительно заряженных мицелл гидрата окиси алюминия, что подтверждается также отсутствием проклейки в бумаге из целлюлозы с низким содержанием основных солей и гидроокиси при проклейке без глинозема.

В табл. 2 показано изменение проклейки бумаги в зависимости от адсорбции коллоидной гидроокиси алюминия при разных концентрациях золя. Золь гидрата окиси алюминия был приготовлен нейтрализацией 0,2 н. раствора  $AlCl_3$  водным раствором аммиака при нагревании. Диализ золя проводили в горячем состоянии [4]. О количестве адсорбированной гидроокиси судили по общему содержанию алюминия в образце.

Таблица 2

Концентрация золя, $\frac{г-экв}{л}$	Адсорбировано алюминия, $\frac{м-экв}{100г}$	рН при проклейке	Степень проклейки при добавлении 1,5% клея + 2,0% глинозема	
			мм	сек
—	—	3,58	0,4	10,6
0,026	29,65	4,34	1,13	28,8
0,074	48,80	4,39	0,98	26,0
0,095	45,87	4,45	1,0	25,4

Изменение проклейки в зависимости от адсорбции коллоидной гидроокиси алюминия имеет такой же характер, как и при адсорбции алюминия из растворов средней соли, частично нейтрализованных 0,1 н. раствором  $NaOH$ . Степень проклейки вначале резко возрастает, а затем остается постоянной при дальнейшем повышении содержания алюминия в образце. Несмотря на более высокое содержание алюминия в целлюлозе, проклейка в данном случае получилась немного хуже, чем при адсорбции из растворов средней соли. Возможно, это связано с менее равномерным распределением клея на волокне из-за более низкой степени дисперсности частиц коллоидного раствора. В табл. 3 приведены результаты проклейки небеленой сульфитной целлюлозы в зависимости от адсорбции коллоидной гидроокиси.

Таблица 3

рН равновесного раствора	Адсорбировано железа, $\frac{м-экв}{100г}$	рН при про- клейке	Степень проклейки	
			мм	сек
—	—	3,4	0,5	12,4
2,1	13,88	3,85	1,38	34,4
2,9	20,80	3,92	1,55	32,3
3,73	22,88	3,99	1,56	34,9
4,61	70,55	4,29	1,78	35,7

Адсорбция железа в виде основных солей и коллоидной гидроокиси также улучшает проклейку бумаги. Степень проклейки растет по мере увеличения железа в целлюлозе.

В табл. 4 приведены результаты определения содержания алюминия в бумаге из белой сульфитной целлюлозы и монокарбоксилцеллюлозы, характеризующие собой количество этого элемента, адсорбированное проклеенным волокном в процессе проклейки.

Таблица 4

Форма целлюлозы	рН равновесного раствора при насыщении	Адсорбировано катиона, $\frac{м-экв}{100г}$	рН при проклейке	Содержание исходного катиона после проклейки, $\frac{м-экв}{100г}$	Адсорбировано алюминия при проклейке, $\frac{м-экв}{100г}$	Степень проклейки при добавлении 1,5% клея + 2,0% глинозема	
						мм	сек
0,3% COOH групп:							
Н	—	—	3,5	—	4,07	0,93	21,9
Са	6,26	4,2	4,08	Нет	5,79	2,3	27,5
2,77% COOH групп:							
Н	—	—	3,02	—	15,53	Нет	Нет
Са	6,18	63,54	4,79	45,47	13,82	0,8	28,7
Na	5,63	19,60	5,55	—	11,45	Нет	Нет
Al	2,06	23,26	3,37	32,90	9,64	0,9	37,5

Анализ данных табл. 4 и результатов проведенного определения содержания смолы в этих образцах бумаги дает основание полагать, что большая часть алюминия содержится в готовой бумаге, вследствие адсорбции его целлюлозой. Добавочная адсорбция алюминия в процессе проклейки растет в зависимости от адсорбционной способности волокнистого материала, но не отражается на степени проклейки бумаги.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Бабко, И. В. Пятницкий. Количественный анализ, Госхимиздат, М., 1956. [2]. Д. Кейси. Производство полуфабрикатов и бумаги, т. 1, книга II, Гослесбумиздат, М., 1958. [3]. С. А. Пузырев, С. Н. Синькова. Журн. «Бумажная промышленность» № 11, 8, 1956. [4]. И. Н. Путилова. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии. Государственное изд-во «Высшая школа», М., 1961. [5]. Г. М. Скурихина, Е. М. Шагалова, В. И. Юрьев. ЖПХ, XXXVI, 662, 1963. [6]. Я. Г. Хинчин. Журн. «Бумажная промышленность» № 9, 15, 1937. [7]. В. А. Чернов. О природе почвенной кислотности. Изд. АН СССР, М.-Л., 1947. [8]. В. И. Юрьев, С. С. Позин, Г. М. Скурихина. Материалы ЦНИИБа. Вып. 37, 83, Госбумиздат, М.-Л., 1948. [9]. В. И. Юрьев, С. С. Позин, Г. М. Скурихина. Научные труды ЛТА. Вып. 91, 11, Л., 1960. [10]. Heuser. Der Papier-Fabrikant, 1190, 1905, 1914. [11]. Капатаги. Kolloid Zeitschrift, 66, № 2, 163, 1934. [12]. Roschier. Der Papier-Fabrikant, 26, № 49, 757, 1928. [13]. Schwalbeund Robsahm. Wochenblatt für Papier-fabrikation, 43, 1454, 1912.

Поступила в редакцию  
10 марта 1964 г.

## РЕАКЦИЯ ЛИГНИНОВ С ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯМИ

## Сообщение I

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИАЗОАНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ  
С СУЛЬФАТНЫМ ЛИГНИНОМ

Т. М. КРОШИЛОВА

Аспирант

В. М. НИКИТИН

Профессор, доктор химических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

По своей химической сущности как природные, так и выделенные лигнины являются высокомолекулярными многоатомными фенолами, причем содержание свободных фенольных групп может изменяться в зависимости от метода выделения лигнина [2], [5], [6]. Количество фенольных групп в сульфатном лигнине, который был взят для изучения, равнялось 0,725—0,746 на фенолпропановую группу лигнина с молекулярным весом 180. Как известно, в щелочной среде фенолы могут сочетаться с диазосоединениями, давая азопроизводные. В литературе имеются указания [10], что буковая древесина реагирует с диазосульфаниловой кислотой; выделенный при этом лигнин содержит азот, однако полученные соединения не были изучены. Мы провели многочисленные опыты сочетания лигнина с различными диазосоединениями [3].

Диазосоединения (соли диазония  $\text{Ag} - \text{N} = \text{N}^{(+)} \text{Cl}^{(-)}$ ) могут сочетаться с фенолами и аминами, алифатическими ненасыщенными углеводородами [11], энוליзирующимися кетонами [8] и некоторыми другими соединениями. При сочетании диазосоединений с фенолами азогруппа ( $\text{N} = \text{N}$ ) становится в пара- или орто-положение к гидроксилу. В случае сочетания с лигнином реакция может быть сильно осложнена, так как, во-первых, лигнин имеет в пара-положении к фенольному гидроксилу пропановую цепочку, в которой могут находиться двойные связи, кето-энольные группы; во-вторых, орто-положение фенольного кольца может быть занято. Кроме того, в кислой и слабощелочной среде эта реакция затруднена из-за нерастворимости лигнина. Однако детальное изучение этой реакции позволяет выяснить особенности лигнина как высокомолекулярного фенола.

*Экспериментальная часть*

Для исследования был использован сульфатный лигнин, выделенный из черных щелоков. Осаждение проводили углекислотой под давлением [4]. Для удаления углеводов и минеральных веществ лигнин был обработан 5%-ной соляной кислотой при нагревании, затем тщательно промыт дистиллированной водой и высушен на воздухе. Полученный

лигнин имел следующий элементарный состав (в процентах): 62,5 углерода; 6,83 водорода; 29,06 кислорода; 1,43 серы; 0,18 азота; 11,6 метоксильных, 10,24 гидроксильных, в том числе 6,88 фенольных гидроксильных \*, 2,6 карбоксильных групп \*\* и 0,15 золы. Навеску лигнина растворяли в щелочи, количество которой брали с таким расчетом, чтобы после реакции с кислым раствором соли диазония среда оставалась щелочной. Перед началом реакции раствор лигнина охлаждали в холодильном шкафу до температуры 1—2°С; такую температуру поддерживали в течение всего времени реакции с помощью бани со льдом.

Раствор диазоантраниловой кислоты был приготовлен из перекристаллизованной антраниловой кислоты ( $C_6H_4COONH_2$ ) с температурой плавления 145—147°С. Антраниловую кислоту растворяли в соляной кислоте, количество которой было взято в два раза больше, чем это необходимо для образования хлористой соли диазония. Затем к раствору добавляли необходимое количество 1 н. раствора нитрита натрия до появления в растворе свободной азотистой кислоты, что контролировали с помощью йодокрахмальной бумажки. Чтобы исключить побочные реакции (нитрозирование, окисление), избыток азотистой кислоты удаляли добавлением сульфаминовой кислоты или мочевины. Этот раствор также охлаждали до 1—2°С, затем его приливали к охлажденному раствору лигнина небольшими порциями при интенсивном перемешивании. Окончание реакции контролировали по исчезновению окраски с хромотроповой кислотой (проба на вытек). Затем раствор подкисляли соляной кислотой, выпавший осадок отфильтровывали, промывали дистиллированной водой (до нейтральной реакции) и эфиром, после чего высушивали на воздухе. Были определены выход полученных продуктов (по отношению к исходному лигнину), содержание в них азота (по методу Дюма), карбоксильных групп (с ацетатом кальция), фенольных гидроксильных и метоксильных групп, а также были сняты их инфракрасные спектры поглощения. С целью выяснения влияния щелочности среды на реакцию азосочетания опыты проводили в растворах едкого натра, соды и карбоната натрия.

Первая серия опытов была проведена в 2 н. растворе едкого натра. Соотношение соли диазония и лигнина следующее: 1, 2, 3 и 6 молей диазония на 1 моль лигнина (расчет вели на единицу лигнина с молекулярным весом 248, содержащим одну фенольную группу). Полученные результаты приведены на рис. 1. Данные опытов показали, что во всех случаях содержание азота в полученных производных составляло  $1/5$ — $1/2$  теоретически рассчитанного количества для одного моля диазопроизводного (7,06%). Содержание карбоксильных групп возрастало от 11,73 при одном моле соли диазония до 19,04% при трех молях (теоретически 11,38%). Эта величина почти не изменялась и при дальнейшем увеличении расхода диазония. Содержание фенольных гидроксильных и метоксильных групп несколько понизилось. Реакция сопровождалась сильным пенообразованием. Полученные продукты растворимы в бикарбонате натрия, что указывает на химическую связь карбоксильных групп диазоантраниловой кислоты с молекулой лигнина (так как исходный лигнин практически нерастворим в бикарбонате).

Следующая серия опытов была проведена при меньшем рН в 10%-ном растворе углекислого натрия. Условия опытов были такими же,

\* Общее содержание гидроксильных групп найдено ацетилированием уксусным ангидридом в среде пиридина, содержание фенольных гидроксильных — с раствором гидроксида бария.

\*\* Карбоксильные группы определены с раствором ацетата кальция.

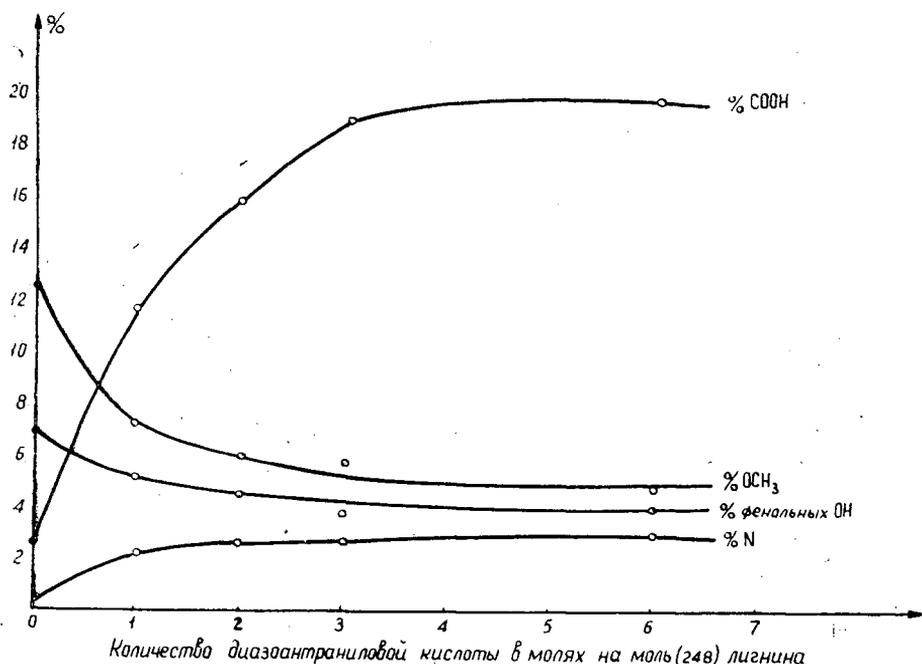


Рис. 1. Изменение функциональных групп в продуктах азосочетания лигнина с диазоантракилоновой кислотой.

как и ранее, но продолжительность реакции больше, так как ее проводили в гетерогенной среде. Полученные результаты даны в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение молей соли диазония и лигнина	Выход, % к исходному лигнину	рН		Содержание, %		
		начало	конец	COOH	N	N=N
1:1	130	10,2	9,1	8,10	2,90	2,38
2:1	124	10,5	9,0	7,51	2,77	—
3:1	122	10,2	8,7	7,69	2,85	—

Как видно из таблицы, количество азота в продуктах сочетания во всех случаях приблизительно одинаково. Для первого опыта содержание азогрупп было определено методом титанометрии [1]. Их количество оказалось близким к содержанию азота, определенному методом сжигания. Реакция сочетания в растворе соды проходила без пенообразования. Полученные продукты плохо растворялись в бикарбонате натрия.

Третья серия опытов, проведенная в 10%-ном растворе бикарбоната натрия при начальном рН = 8,5 (табл. 2), показала, что при дальнейшем снижении рН среды получают продукты со значительно меньшим содержанием карбоксиллов, которое приблизительно соответствует связанному азоту.

Содержание азота в азотгруппах также было близким к его общему содержанию.

Для исходного лигнина и его производных с диазоантракилоновой кислотой были сняты инфракрасные спектры поглощения (рис. 2, 3, 4)\*.

\* Спектры были сняты на приборе ИКС-12 в лаборатории физики ЛТА совместно с А. Б. Поляком.

Таблица 2

Соотношение молей соли диазония и лигнина	Время проведения опыта, час	Выход, % к исходному лигнину	рН		Содержание, %		
			начало	конец	COOH	N	N-N
1:1*	2,5	109	8,5	7,6	2,28	1,42	1,64
2:1	3,5	114	8,7	7,2	3,87	2,64	—
3:1	3,5	111	8,5	6,8	4,27	2,76	—

Одновременно был снят спектр азобензола, взятого в качестве модели, содержащей азогруппу. Сравнение спектров поглощения исходного лигнина и продукта его азосочетания с диазоантралиновой кислотой показывает, что на частоте  $750\text{ см}^{-1}$  появляется полоса, вызванная деформационным колебанием связи  $\text{N}=\text{N}$  (идентифицированная по азобензолу) [14]. На частоте  $780\text{ см}^{-1}$  наблюдается поглощение, обусловленное деформационными колебаниями  $\text{C}-\text{N}$  связей бензольного кольца в молекуле антралиновой кислоты. На частоте  $850-860\text{ см}^{-1}$  усиливается поглощение, вызванное 1, 2, 3, 5-тетразамещенным бензольным кольцом [9]. По сравнению с исходным лигнином на частоте  $1710\text{ см}^{-1}$  возрастает поглощение, соответствующее карбоксильным группам, причем это поглощение резко усиливается с увеличением числа молей диазоантралиновой кислоты, взятой для реакции.

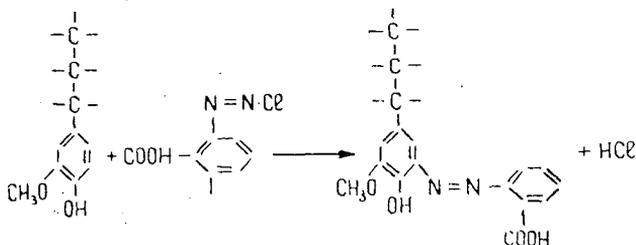
### Обсуждение результатов

Сравнение данных анализов продуктов сочетания, полученных при одном и том же соотношении молей соли диазония и лигнина (3:1), но при разных рН, показывает (табл. 3), что с повышением рН содержание азота практически не увеличивается, тогда как содержание карбоксильных групп возрастает в несколько раз. Эти результаты позволяют

Таблица 3

Растворы для проведения опытов	Содержание, %	
	COOH	N
2 н. Na OH	19,04	3,11
10%-ный $\text{Na}_2\text{CO}_3$	8,10	2,90
10%-ный $\text{NaHCO}_3$	4,97	2,76

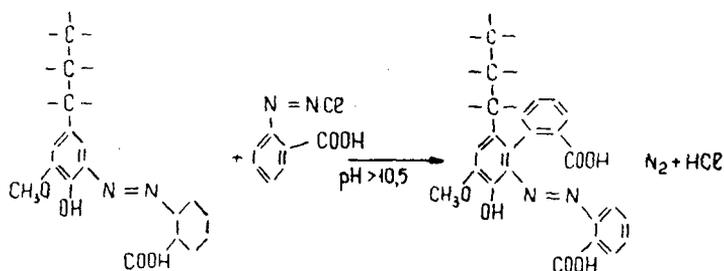
предположить, что при взаимодействии сульфатного лигнина с диазотированной антралиновой кислотой (в щелочной среде) протекают две реакции. Первая — азосочетание лигнина, как фенола с образованием азопроизводных по схеме



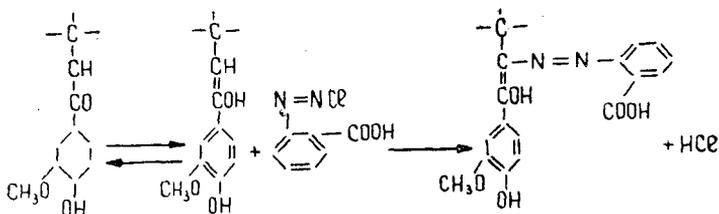
При этом количество образующихся азогрупп равно  $1/3-1/2$  числа свободных фенольных гидроксильных групп лигнина. Остальная часть свободных фенольных групп, вероятно, не способна ориентировать в орто-положение вследствие наличия заместителя.

Вторая реакция предположительно протекает по схеме (см. стр. 151).

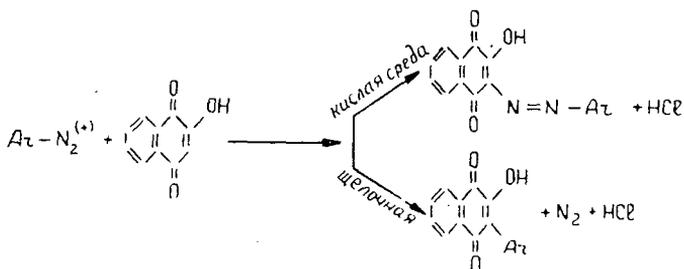
Было выяснено, что первая реакция идет как при рН, равных 8,5 и 7,0, так и при более высоких значениях рН, в то время как вторая реак-



ция при низких рН совсем не протекает или идет очень медленно. Эта реакция протекает только при рН > 10,5. Образование азосоединений может происходить с лигнином, по-видимому, не только как с фенолом, но и как с соединением, боковая цепочка которого может содержать кето-энольные группы [8] или двойные связи [12]



Следует заметить, что такой ход реакции наблюдается преимущественно в среде уксусной кислоты или смеси ее с ацетатом натрия. Объяснением второго направления являются известные в литературе реакции взаимодействия хинонов и оксихинонов с диазосоединениями по схеме [13]



Это направление может оказаться аномалией, вызванной особенностями строения лигнина. Во всяком случае, вопрос о механизме этой реакции не совсем еще ясен и изучается.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Р. П. Ластовский. Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей. Госхимиздат, 1958. [2]. В. М. Никитин. Лигнин. Гослесбумиздат, 1961. [3]. В. М. Никитин. Авторское свидетельство СССР № 158283 от 31 августа 1962 г. [4]. В. М. Никитин, А. В. Оболенская, В. М. Скачков, А. Д. Иваненко. Журн. «Бумажная промышленность» № 11, 1963. [5]. К. Экман. Докторская диссертация. Гельсингфорс, 1958. [6]. F. Brauns. The Chemistry of Lignin. New-York, 1952. [7]. Borsche, App. 312, 211, 1900. [8]. O. Dimroth, Hartmann, Ber., 41, 4012, 1908. [9]. H. Hergert. J. Org. Chem., 25, 3, 405, 1960. [10]. W. Kuster, K. Daur. Celluloschemie, 11, 4, 1930. [11]. K. Meer. Ber., 54, 2283, 1921. [12]. H. Meerwein, Buchner, J. Org. Chem. 152, 237, 1939. [13]. O. Neunhoeffer, I. Weise. Ber., 71, 2703, 1938. [14]. K. S. Tetlov. Research 3, 187, 1950.

## ВИЗУАЛЬНО-ПОЛИТЕРМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЦЕТАМИДА С МОНОХЛОРУКСУСНОЙ И ТРИХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТАМИ

**И. М. БОХОВКИН**

Профессор

**Ю. И. БОХОВКИНА**

Старший преподаватель

**Е. О. ВИТМАН**

Старший лаборант

(Архангельский лесотехнический институт)

Ацетамид, обладающий хорошей растворимостью и высокой диэлектрической проницаемостью, приобретает особое значение в химической практике. Между тем изучению взаимодействия его с другими компонентами методами физико-химического анализа уделено недостаточное внимание. В основном были исследованы бинарные системы [9]. В литературе почти отсутствуют данные по изучению ацетамида в более сложных комбинациях. Мы исследовали тройные системы ацетамида с карбоновыми кислотами.

В одной из наших работ [6] приведены данные по изучению тройной системы ацетамид — уксусная кислота — монохлоруксусная кислота, а в другой [7] — данные по изучению взаимодействия ацетамида с уксусной и трихлоруксусной кислотами. Показано, что ацетамид сохраняет свою способность к взаимодействию с каждой из этих кислот и при совместном присутствии другой кислоты.

На диаграмме растворимости четко выявились как поля кристаллизации чистых компонентов, так и поля соединений в следующих бинарных системах: ацетамид — уксусная кислота, ацетамид — монохлоруксусная кислота и ацетамид — трихлоруксусная кислота. При этом тройных соединений не обнаружено.

Представляло интерес проследить характер взаимодействия ацетамида с монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами, которые характеризуются большими величинами ионизации [10].

В нашей системе ацетамид — монохлоруксусная кислота — трихлоруксусная кислота имеется три двойных системы, причем две из них образуют по два двойных соединения, а третья — монохлоруксусная — трихлоруксусная кислота — не образует соединений. Естественно было ожидать, что в изучаемой системе не будет происходить образования тройного соединения.

### Экспериментальная часть

Исследование проводили визуально-политермическим методом физико-химического анализа, при этом фиксировали температуры исчезновения последних кристаллов. На основании этих данных строили диаграмму состав — температура плавления. Состав компонентов выражали в молекулярных процентах. Исходные вещества были очищены: ацетамид — перегонкой, т. пл.  $78^{\circ}$ , монохлоруксусная кислота — перегонкой, т. пл.  $61^{\circ}$  и трихлоруксусная кислота — перегонкой, т. пл.  $58^{\circ}$ . Чистота исходных веществ соответствовала константам, приведенным в литературе [8].

#### Бинарные системы

1. Ацетамид — трихлоруксусная кислота. В одной из работ [1] была изучена диаграмма плавкости этой системы. В ней установлено наличие двух соединений состава  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$ , оба с явным максимумом при  $26$  и  $29,3^{\circ}$ . Эвтектические точки соответствуют: 1)  $24,2$  мол % ацетамида и т. пл.  $22,3^{\circ}$ ; 2)  $41,7$  мол % ацетамида и т. пл.  $20,6^{\circ}$  и 3)  $64,12$  мол % ацетамида и т. пл.  $14^{\circ}$ .

В ряде работ [2], [3] система изучена методами плотности, вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности. Изотермы плотности слегка выпуклы к оси состава. Изотермы вязкости имеют максимум, приходящийся на соотношение ацетамида к трихлоруксусной кислоте как  $1:2$ .

На изотермах поверхностного натяжения отмечено по одному максимуму, приходящемуся на соединение  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$ . Изотермы удельной электропроводности имеют изломы, соответствующие соединениям  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$ .

2. Ацетамид — монохлоруксусная кислота. В одной из работ [1] эта система исследована термическим методом. В ней установлено два соединения —  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{ClCOOH}$  с явным максимумом при т. пл.  $8^{\circ}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CH}_2\text{ClCOOH}$  со скрытым максимумом. Найдены две эвтектические точки: при  $55,1$  мол % ацетамида и т. пл.  $5,6^{\circ}$  и при  $45$  мол % ацетамида и т. пл.  $4,7^{\circ}$ , а также перитектическая точка при  $34,05$  мол % ацетамида и т. пл.  $13,2^{\circ}$ . Гомогенная жидкая фаза этой системы изучена путем измерения плотности, вязкости, поверхностного натяжения и удельной электропроводности [3], [4]. При этом подтверждено существование соединений выше температуры плавления, но в сильно диссоциированном состоянии.

Изотермы плотности являются аддитивными прямыми. Изотермы вязкости имеют вид кривых, вогнутых к оси состава.

Согласно общепринятому толкованию изотерм вязкости кривые такого вида указывают на химическое взаимодействие в системе. Изотермы удельной электропроводности имеют два излома, соответствующие соединениям состава  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{ClCOOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ .

3. Система монохлоруксусная — трихлоруксусная кислота характеризуется отсутствием соединений [5]. Диаграмма плавкости состоит из двух пересекающихся ветвей с простой эвтектикой. Изучение поверхностного натяжения в этой системе также не дало указаний на наличие соединений в расплавленной гомогенной среде.

## Разрезы через тройную систему

Поверхность кристаллизации тройной системы ацетамид — монохлоруксусная кислота — трихлоруксусная кислота была исследована путем изучения двенадцати сечений в направлениях, указанных на рис. 5.

Изучение данной системы затруднялось тем, что она была склонна к сильному переохлаждению. Требовалось применение энергичного перемешивания и затравок. В ряде случаев и это не привело к кристаллизации расплавов. На наших кривых эти участки изображены условно пунктиром.

Номера разрезов соответствуют номерам кривых на рис. 1, 2, 3, 4.

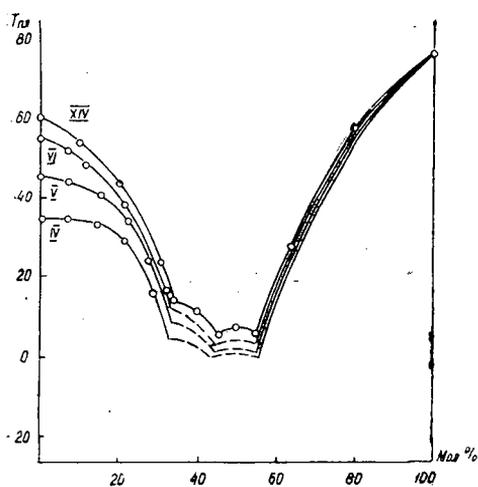


Рис. 1. Кривые кристаллизации бинарной системы ацетамид — монохлоруксусная кислота (XIV) и IV, V, VI разрезов.

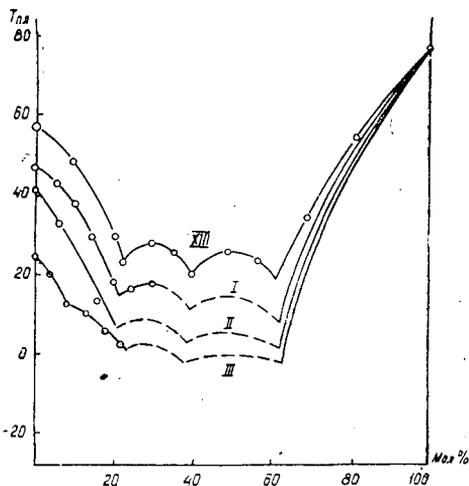


Рис. 2. Кривые кристаллизации бинарной системы ацетамид — трихлоруксусная кислота (XIII) и I, II, III разрезов.

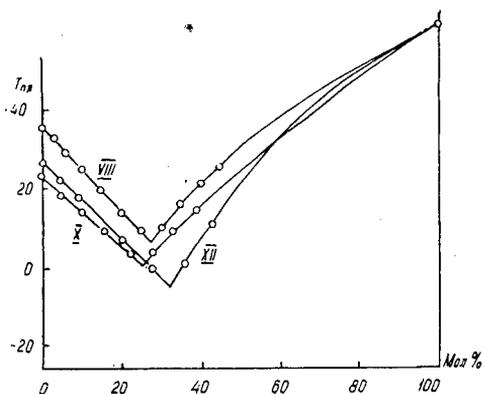


Рис. 3. Кривые кристаллизации VIII, X и XII разрезов.

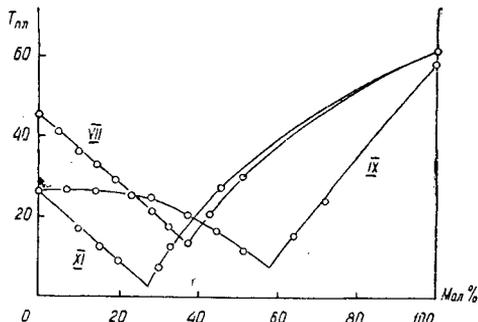


Рис. 4. Кривые кристаллизации VII, IX и XI разрезов.

Разрез 1 (90 мол % трихлоруксусной и 10 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает поля кристаллизации трихлоруксусной кислоты, соединения  $2\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$  (точка пересечения соответствует 23 мол % ацетамида при т. пл.  $15^\circ$ ), соединения  $\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$

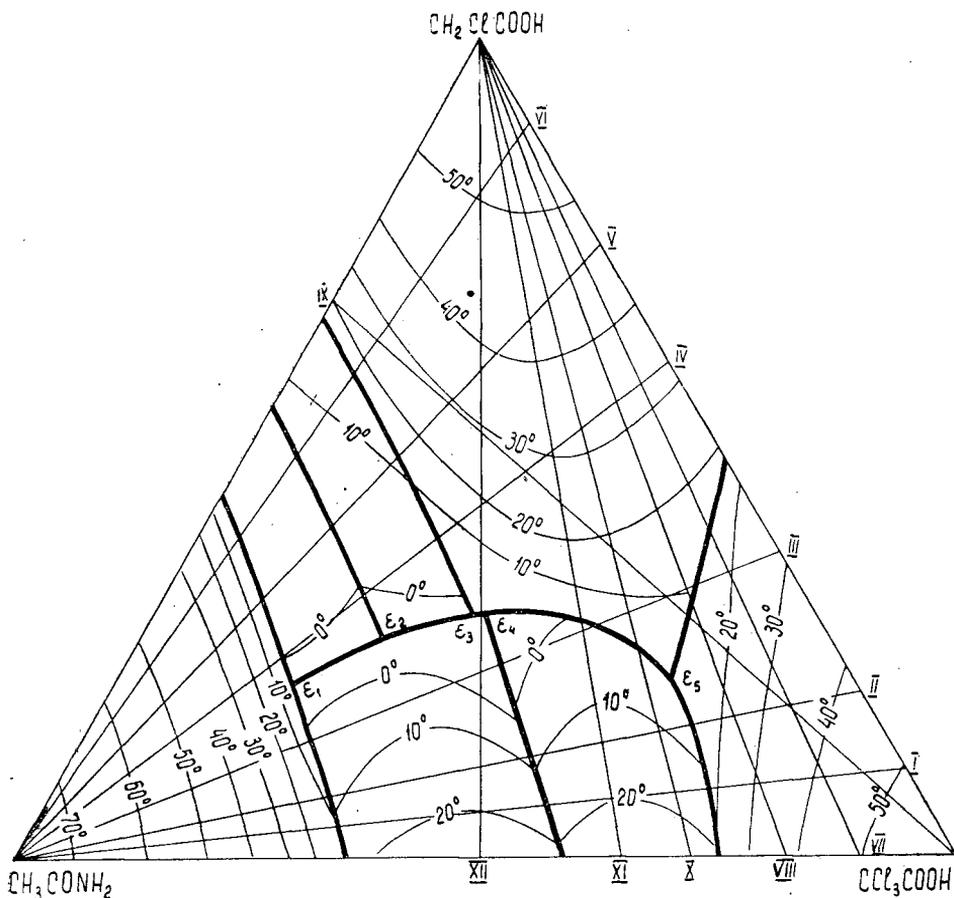


Рис. 5. Диаграмма состояния тройной системы ацетамид — монохлоруксусная кислота — трихлоруксусная кислота.

(точка пересечения отвечает 39 мол % ацетамида при т. пл. 12°) и ацетамида (точка пересечения лежит при 64 мол % ацетамида и т. пл. 7°).

*Разрез 2* (80 мол % трихлоруксусной и 20 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает те же поля. Точки пересечения соответствуют: первая — 21 мол % ацетамида и т. пл. 6°, вторая — 39 мол % ацетамида и т. пл. 3°, третья — 63 мол % ацетамида и т. пл. 3°.

*Разрез 3* (63 мол % трихлоруксусной и 37 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает поля кристаллизации трихлоруксусной кислоты (при 9 мол % ацетамида и т. пл. 12°), монохлоруксусной кислоты (при 24 мол % ацетамида и т. пл. 2°), соединения  $2\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$  (при 39 мол % ацетамида и т. пл., равной — 2°), соединения  $\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$  (при 62 мол % ацетамида и т. пл., равной — 1°) и ацетамида.

*Разрез 4* (40 мол % трихлоруксусной и 60 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает поля кристаллизации монохлоруксусной кислоты и соединения  $2\text{CH}_2\text{ClCOOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$  (при 34 мол % ацетамида и т. пл. 5°), соединения  $\text{CH}_2\text{ClCOOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$  (при 44 мол % ацетамида и т. пл. 0°) и ацетамида (при 56 мол % ацетамида и т. пл. 2°).

*Разрез 5* (25 мол % трихлоруксусной и 75 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает те же поля. Точки пересечения соответствуют: пер-

вая 34 мол % ацетамида и т. пл. 8°, вторая — 45 мол % ацетамида и т. пл. 2°, третья — 54 мол % ацетамида и т. пл. 3°.

*Разрез 6* (10 мол % трихлоруксусной и 90 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает те же поля. Точки пересечения соответствуют: первая — 35 мол % ацетамида и т. пл. 12°, вторая — 46 мол % ацетамида и т. пл. 3°, третья — 55 мол % ацетамида и т. пл. 3°.

*Разрез 7* (10 мол % ацетамида и 90 мол % трихлоруксусной кислоты) пересекает поля кристаллизации монохлоруксусной и трихлоруксусной кислот. Точка пересечения отвечает 39 мол % монохлоруксусной кислоты при т. пл. 12°.

*Разрез 8* (18 мол % ацетамида и 82 мол % трихлоруксусной кислоты) пересекает те же поля. Точка пересечения соответствует 28 мол % монохлоруксусной кислоты при т. пл. 8°.

*Разрез 9* (32 мол % ацетамида и 68 мол % монохлоруксусной кислоты) пересекает те же поля кристаллизации. Точка пересечения отвечает 59 мол % трихлоруксусной кислоты при т. пл. 8°.

*Разрез 10* (28 мол % ацетамида и 72 мол % трихлоруксусной кислоты) пересекает поля монохлоруксусной кислоты и соединения  $2\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$ . Точка пересечения соответствует 26 мол % монохлоруксусной кислоты и т. пл. 3°.

*Разрез 11* (35 мол % ацетамида и 65 мол % трихлоруксусной кислоты) пересекает те же поля. Точка пересечения приходится на 28 мол % монохлоруксусной кислоты и т. пл. 2°.

*Разрез 12* (50 мол % ацетамида и 50 мол % трихлоруксусной кислоты) пересекает поля кристаллизации монохлоруксусной кислоты и соединения  $\text{CCl}_3\text{COOH} \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2$ . Точка пересечения соответствует 30 мол % монохлоруксусной кислоты и т. пл., равной — 4°.

На основании наших данных построена плоская диаграмма плавкости тройной системы ацетамид — монохлоруксусная кислота — трихлоруксусная кислота, на которой нанесены изотермы через каждые 10° (рис. 5).

Полученная диаграмма плавкости включает в себя семь полей кристаллизации: три поля чистых компонентов и четыре поля, приходящиеся на соединения —  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$ . Тройного соединения, как и следовало ожидать, здесь не образуется.

В системе имеется пять тройных эвтектических точек:  $E_1$  — 59 мол % ацетамида, 22 мол % монохлоруксусной и 19 мол % трихлоруксусной кислоты при т. пл., равной — 2°;  $E_2$  — 48 мол % ацетамида, 27 мол % монохлоруксусной и 25 мол % трихлоруксусной кислоты при т. пл., равной 3°;  $E_3$  — 36 мол % ацетамида, 30 мол % монохлоруксусной кислоты при т. пл., равной — 4°;  $E_4$  — 35 мол % ацетамида, 30 мол % монохлоруксусной и 35 мол % трихлоруксусной кислоты при т. пл., равной — 4°;  $E_5$  — 19 мол % ацетамида, 21 мол % монохлоруксусной и 60 мол % трихлоруксусной кислоты при т. пл., равной 5°.

Общее направление кристаллизации идет от  $E_1$  к  $E_4$  и от  $E_5$  к  $E_4$ .

Установлено, что в областях, примыкающих к тройным эвтектическим точкам  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  и  $E_4$ , ацетамид при совместном присутствии хлорпроизводных уксусной кислоты не способен к кристаллизации. Данное свойство может быть использовано в практике для изготовления жидких незамерзающих смесей.

Сопоставляя данную тройную систему с двумя другими изученными системами ацетамид — уксусная кислота — монохлоруксусная кислота и ацетамид — уксусная кислота — трихлоруксусная кислота следует отметить общий характер их кристаллизации.

Вместе с тем отмечается, что в системе ацетамид — монохлоруксусная кислота — трихлоруксусная кислота поля кристаллизации бинарных соединений  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot 2\text{CCl}_3\text{COOH}$  и  $\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{CCl}_3\text{COOH}$  несколько меньше.

Следовательно, взаимодействие ацетамида с монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами в комбинации из трех компонентов существенно не отличается в сравнении с их химизмом в двойных системах.

Кривые растворимости подтвердили, что ацетамид — хороший растворитель хлорпроизводных уксусной кислоты при совместном их присутствии, что имеет важное значение в их практическом использовании

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Л. Альбанский. ИСФХА АН СССР, 21, 346, 1952. [2]. Ю. И. Боховкина, И. М. Боховкин. ЖОХ, 26, 1872, 1956. [3]. Ю. И. Боховкина. ЖОХ, 26, 2955, 1956. [4]. Ю. И. Боховкина, И. М. Боховкин. МОХ, 26, 1318, 1956. [5]. И. М. Боховкин. ЖОХ, 26, 2953, 1956. [6]. И. М. Боховкин, Ю. И. Боховкина, Е. О. Витман. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964. [7]. И. М. Боховкин, Ю. И. Боховкина, Е. О. Витман. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [8]. Справочник химика, т. 11, 1951. [9]. Техническая энциклопедия. Справочник физико-химических и технических величин, т. VI. [10]. А. И. Шатенштейн. Теория кислот и оснований. Госхимиздат, 1949.

Поступила в редакцию  
18 января 1964 г.

## ЯВЛЕНИЕ СТАРЕНИЯ СМОЛЯНЫХ ХОДОВ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПОДСОЧКИ

А. Е. ВАСИЛЬЕВ

Кандидат биологических наук

(Ленинградский ветеринарный институт)

В связи с постепенным истощением сырьевой базы подсочки сосновых насаждений все более актуальным становится вопрос о вовлечении в подсочку насаждений ели. Между тем в отношении способов подсаживания этой породы до сих пор имеются существенные разногласия. Существующие теоретические представления [1] о преобладающей роли вторичного смолывыделения из наплывов находятся в противоречии с данными опытной подсочки ели, показывающими, что наибольшие выходы живицы дают способы, использующие источники первичного смолывыделения — нормальные смоляные ходы древесины и коры [2], [3], [4]. Это свидетельствует о том, что строение смолоносной системы ели до сих пор изучено еще далеко не достаточно.

Цель настоящей работы — изучение смолоносной системы ели обыкновенной (*Picea excelsa* Link.) в онтогенезе. Образцы древесины были взяты преимущественно в октябре 1963 г. на высоте груди от 20 деревьев (в возрасте от 70 до 180 лет), произрастающих в ельниках-зеленомошниках Сиверского лесхоза Ленинградской области; часть из них была подсочена различными способами четыре года назад. Тотчас после взятия образцы фиксировали в смеси 1%-ного раствора хромовой кислоты и насыщенного раствора уксуснокислой меди. Были приготовлены серийные микротомные срезы (около 100) нормальных вертикальных ходов различного возраста — от только что образовавшихся до имеющих возраст 20—30 лет. Горизонтальные смоляные ходы исследовали параллельно с вертикальными. Кроме того, было изучено строение тканей наплыва на 25 образцах древесины, взятых в зоне ранений в год их нанесения и через четыре года после подсочки. В связи с тем, что имеющиеся данные были получены на основании исследования почти исключительно одних поперечных срезов, основное внимание мы уделяли продольным (радиальным и тангентальным) срезам, длина которых составляла 1—2 см, толщина — 5—10 мк; при этом каждый смоляной ход разрезали на 10—15 частей. Срезы окрашивали суточным сафранином и фотографировали. Рисунки готовили с фотографий. Для изучения динамики запасных веществ (жиров и крахмала) в клетках смоляных ходов и радиальных лучей применяли Судан III и раствор иода в иодистом калии. Кроме того, на образцах от двух деревьев были проведены рекогносцировочные исследования особенностей строения и онтогенеза смоляных ходов древесины лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.).

Исследования показали, что вполне развитый вертикальный смоляной ход древесины ели на продольном срезе имеет вид, изображенный на рис. 1 (верх). В общем очертании бросаются в глаза сужение хода на полях перекреста с радиальным лучом и имеющее форму овала расширение его в межлучевом промежутке. Такая форма смоляного хода связана с тем, что при встрече его с однорядным лучом он огибает луч (с одной или двух сторон). Паренхима смоляного хода состоит из клеток трех типов — окружающей паренхимы и тонкостенных и толстостенных выстилающих клеток. Оболочки толстостенных клеток одревесневают и имеют следующие простые поры: узкие и редкие, суженные внутри — у окружающей паренхимы (рис. 1, 2) и широкие и частые — у одревесневших клеток эпителия (рис. 1, 3, а). Стенки клеток, непосредственно примыкающие к каналу, обычно не несут пор. Клетки всех трех типов живые, с хорошо заметными ядрами и нормальной плазменной структурой. В эпителии смоляного хода текущего года обычно преобладают не одревесневшие тонкостенные клетки, но в соотношении и характере расположения тонкостенных и толстостенных клеток наблюдаются значительные колебания у различных деревьев и в разные годы.

У горизонтальных смоляных ходов оболочки отдельных клеток эпителия одревесневают и утолщаются уже в первый год, причем по характеру пор эти клетки подобны одревесневшему эпителию вертикальных ходов, оболочки других клеток остаются тонкостенными.

Вертикальный смоляной ход лиственницы в год образования очень похож на ход ели, небольшие различия заключаются лишь в форме пор одревесневших клеток.

Дальнейшее развитие смоляных ходов ели и лиственницы, в отличие от сосны, связано с довольно быстро идущими процессами старения. Анатомически старение смоляных ходов выражается в виде трех параллельно идущих и взаимосвязанных между собой процессов: утолщение и одревеснение оболочек эпителиальных клеток, отмирание одревесневших клеток эпителия и окружающей паренхимы и образование не одревесневшими эпителиальными клетками так называемых тиллоидов.

Уже на второй год число одревесневших клеток смоляных ходов обычно резко возрастает и они начинают количественно преобладать над тонкостенными клетками эпителия. В последующие годы процесс одревеснения постепенно затухает и идет с небольшой скоростью: число одревесневших эпителиальных клеток с годами увеличивается незначительно. Прогрессивному одревеснению подвергаются и эпителиальные клетки горизонтальных смоляных ходов, хотя темп одревеснения здесь более низкий. Одревесневшие клетки сохраняют хорошо заметные ядра и нормальную плазменную структуру и не отличаются заметно от одревесневших эпителиальных клеток, возникших в год образования смоляного хода (рис. 1, середина). Темп одревеснения у отдельных деревьев и, по-видимому, у смоляных ходов в пределах одного дерева подвержен значительным колебаниям. При этом преобладание не одревесневших эпителиальных клеток над одревесневшими может сохраняться в течение нескольких лет (до 5—6 лет). В местах встречи горизонтальных и вертикальных смоляных ходов преобладание не одревесневших клеток сохраняется дольше, чем в остальных участках смоляного хода.

Вторая и самая важная, на наш взгляд, структурная и физиологическая особенность смоляных ходов ели — постепенное отмирание одревесневших клеток эпителия и окружающей паренхимы. Отмирание клеток выражается в деградации ядер и дезорганизации цитоплазмы, затем следуют потеря клетками содержимого и заполнение их смолой (рис. 1, низ). По темпу отмирания смоляные ходы различных деревьев

подвержены значительным колебаниям. Обычно признаки отмирания наблюдаются уже на второй-третий год после возникновения хода, но в это время они захватывают не более 10—20% клеток (это, вероятно, те клетки, которые одревеснели уже в первый год). Кульминации процесс отмирания обычно достигает на пятый-шестой год после образования смоляного хода. Биохимически отмирание выражается в постепенном снижении содержания крахмала и жиров в клетках окружающей паренхимы, которое в год образования смоляных ходов значительно выше, чем в клетках лучей, а в последующие годы постепенно снижается. Полное исчезновение крахмала и жиров в смоляных ходах наблюдается значительно раньше, чем в клетках лучей. Клетки горизонтальных смоляных ходов отмирают почти одновременно и параллельно с клетками вертикальных ходов. У лиственницы с годами также происходят одревеснение и утолщение оболочек клеток эпителия, постепенная потеря содержимого и отмирание одревесневших клеток смоляных ходов.

Явление отмирания смоляных ходов впервые было отмечено Т. Майром [5], но он связывал его с процессами ядрообразования. Однако, как оказалось, эти процессы не совпадают; отмирание клеток начинается задолго до образования спелой древесины и значительно опережает процессы дегградации клеток радиальных лучей.

Онтогенез тонкостенных клеток эпителия, кроме постепенного утолщения и одревеснения их оболочек, выражается в образовании так называемых тиллоидов, которое состоит в том, что недревесневшие клетки врастают в просвет смоляного канала в виде пузыря, оболочки их сильно утолщаются и одревесневают, а содержимое отмирает. При этом смоляной ход может быть полностью закупорен. Превращению недревесневших клеток эпителия в тиллоиды подвергаются и клетки горизонтальных ходов. Перед образованием тиллоидов недревесневшие эпителиальные клетки могут делиться. Возраст тонкостенных клеток эпителия, образующих тиллоиды, и темп образования последних подвержены значительным колебаниям у отдельных деревьев. Обычно превращение недревесневших эпителиальных клеток в тиллоиды начинается после затухания процесса отмирания одревесневших клеток и идет почти одновременно у горизонтальных и вертикальных ходов (обычно начинается в смоляных ходах 9—10-летнего возраста). Однако у некоторых деревьев вздутие эпителиальных клеток (так называемые «предшественники» тиллоидов) наблюдается уже на второй год после образования смоляного хода, в то время как у других деревьев клетки эпителия могут сохраняться живыми и тонкостенными, без заметных изменений, довольно долго — до 15—18 лет, но в этом случае превращение их в тиллоиды происходит задолго до образования спелой древесины. Число тиллоидов и их густота зависят от того, сколько клеток эпителия сохранилось живыми и тонкостенными к моменту их образования. У деревьев, в смоляных ходах которых долго сохраняется большое число недревесневших клеток, образуется масса тиллоидов, целиком закупоривающих межлучевые промежутки канала смоляного хода (рис. 1, низ). Таким образом, обилие тиллоидов свидетельствует о сохранении большого количества клеток эпителия живыми и тонкостенными.

Что же касается связи между смолопродуктивностью деревьев и темпом отмирания, скоростью одревеснения клеток, временем начала образования тиллоидов, то имеющийся в нашем распоряжении материал не позволяет пока ответить на этот вопрос положительно.

Кроме описанных выше процессов, мы обнаружили следующую интересную особенность онтогенеза смоляных ходов. У некоторых деревьев, начиная с определенного возраста (обычно с десяти-пятнадцати лет),

смолистые вещества смоляных ходов перестают окрашиваться уксуснокислой медью в изумрудно-зеленый цвет; при рассматривании в микроскоп они представляются заполненными бурым содержимым. Чем вызваны и в чем заключаются эти процессы, пока не ясно.

Таким образом, смоляной ход древесины ели обычно на десятый-пятнадцатый год после своего возникновения (задолго до образования спелой древесины) перестает функционировать. Одновременно с процессами старения наблюдается уменьшение количества смолы в смоляных ходах. В то же время, как показали наши исследования, у сосны смоляные ходы длительное время не претерпевают заметных изменений. Например, содержание крахмала в клетках окружающей паренхимы может не уменьшаться вплоть до смоляного хода двадцать пятого года.

Интересно отметить, что хотя к моменту завершения образования тиллоидов смоляной ход оказывается практически нежизнеспособным, отдельные клетки в нем могут сохранять свое содержимое, оставаясь без видимых изменений вплоть до спелой древесины и возможно даже дольше. Подобный факт хорошо известен для клеток радиальных лучей.

Каковы же причины различий в характере онтогенеза смоляных ходов сосны и ели, выражающихся в довольно быстром отмирании смоляных ходов у ели и в сохранении их долгое время жизнеспособными у сосны? Как известно, в смоляных ходах сосны между клетками так называемого мертвого слоя и окружающей паренхимы образуются межклетники. У ели подобные межклетники совершенно отсутствуют. Поэтому, как нам представляется, одной из основных причин быстрого отмирания смоляных ходов ели являются анаэробные условия их существования. Вредное воздействие этих условий известно. В результате анаэробнозиса накапливаются токсичные вещества, поэтому жизнедеятельность живых клеток смоляных ходов ели ослаблена. При нанесении ранений взамен вытекающей живицы в смоляные ходы проникает воздух, что, возможно, вызывает наблюдающееся через 10—15 дней после ранения увеличение смоловыделения. В течение этого времени происходит перестройка обмена веществ в клетках смоляных ходов. То же наблюдается и у пней свежесрубленных деревьев: вытекающая живица образует на пне кольцо почти до спелой древесины. Проникновение воздуха вызывает на некоторое время оживление деятельности тех клеток смоляных ходов, которые сохранились живыми даже в более или менее старых смоляных ходах пня.

Таким образом, смолоносная система ели и лиственницы, в отличие от сосны, характеризуется быстро идущими процессами старения и, по видимому, общим пониженным уровнем обмена веществ клеток смоляного аппарата, что обуславливает более низкую смолопродуктивность этих двух пород по сравнению с сосной.

Индивидуальные различия во времени наступления и скорости процессов старения, в интенсивности обмена веществ продуцирующих смолу клеточных элементов смоляных ходов вызывают резкие колебания выходов живицы у отдельных деревьев в насаждении.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. А. И в а н о в. Биологические основы добывания терпентина в СССР. Изд. 3-е, М.—Л., 1961. [2]. Н. Д. Л е с к о в. О подпочке ели. Сборник трудов ЦНИИЛХа, вып. 4, Л., 1936. [3]. Ф. И. Т е р е х о в. Подпочка ели. Сб. трудов ЦНИИЛХа «Подпочка сосны и ели», Л., 1940. [4]. А. К. Т о л к а ч е в, М. А. С и н е л о б о в. Новое в подпочке сосны и ели. Гослесбумиздат, 1956. [5]. Н. М а у г. Das Harz der Nadelhölzer, Berlin, 1894.

Поступила в редакцию  
27 января 1964 г.

## О СООТНОШЕНИИ МЕЖДУ СПЕЦИАЛИСТАМИ С ВЫСШИМ И СРЕДНИМ СПЕЦИАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**А. П. ИВАНОВ**

Инженер-экономист

(Ленинградский технологический институт  
целлюлозно-бумажной промышленности)

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют исключительно большое внимание вопросам обеспечения всех отраслей народного хозяйства кадрами дипломированных специалистов. Создание материально-технической базы коммунизма в нашей стране неразрывно связано с дальнейшим повышением обеспеченности всех отраслей производства высококвалифицированными кадрами, а следовательно, и с ростом масштабов их подготовки.

В связи со значительными различиями в сроках и затратах на подготовку специалистов высшей и средней квалификации (например, затраты на подготовку специалиста средней квалификации в 2,2 раза меньше, чем высшей) немаловажное значение приобретает вопрос об установлении правильного соотношения между обеими квалификациями в общей потребности в специалистах по каждой отрасли производства.

К концу 1961 г. в промышленности СССР соотношение между специалистами высшей и средней квалификации характеризуется как 1:2,4\*, при наличии в нем весьма существенных различий (табл. 1).

Совершенствование производства, развитие его технической и материальной баз приводят к изменениям в соотношении между потребностями в специалистах высшей и средней квалификации. При достигнутом ныне уровне развития техники и технологии становится необходимым замещение многих рабочих мест дипломированными специалистами (инженерами и техниками). В связи с техническим прогрессом наиболее быстро растут потребности в специалистах средней квалификации. Вот почему указанные в табл. 1 данные уже перестают соответствовать действительным потребностям производства. Установить правильное соотношение можно только на основе проведения обстоятельных расчетов.

Исходный момент при решении данного вопроса — выбор принципов размещения и использования специалистов в производстве. В настоящее время можно считать общепризнанным, что в промышленности на

\* Народное хозяйство СССР в 1961 г. Статистический ежегодник, Госстатиздат, 1963, стр. 270.

Таблица 1

Наименование отраслей промышленности	Соотношение между специалистами высшей и средней квалификации
Черная металлургия . . . . .	1 : 2,0
Цветная металлургия . . . . .	1 : 2,2
Угольная промышленность . . . . .	1 : 3,0
Нефтедобывающая промышленность . . . . .	1 : 2,3
Производство электрической и тепловой энергии . . . . .	1 : 2,0
Машиностроение и металлообработка . . . . .	1 : 2,2
Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность . . . . .	1 : 2,9
в том числе целлюлозно-бумажная . . . . .	1 : 1,4
Промышленность стройматериалов . . . . .	1 : 3,0
Легкая промышленность . . . . .	1 : 3,8
Пищевая промышленность . . . . .	1 : 2,5
По промышленности в целом . . . . .	1 : 2,4

специалиста высшей квалификации возлагается комплексное решение задач технического, экономического и административного руководства предприятием, непосредственное руководство наиболее ответственными и сложными участками производства, руководство или самостоятельное выполнение исследовательской и проектной работы в заводских лабораториях и проектно-конструкторских отделах или бюро; на специалиста средней квалификации возлагается руководство более простыми, однородными участками производства, контроль за соблюдением твердо установленных технологических режимов, выполнение под руководством специалиста высшей квалификации исследовательской и проектно-конструкторской работы, а также непосредственное обслуживание сложных технологических процессов и оборудования.

Указанные принципы находят свое отражение в номенклатурах должностей, подлежащих замещению специалистами в каждой отрасли промышленности. Правильно разработанная номенклатура, а также штатные расписания и определяют соотношение между специалистами высшей и средней квалификации по данной отрасли. Поскольку стоит задача установления этого соотношения в перспективе, то очень важно, чтобы основные направления технического прогресса данной отрасли были отражены как в номенклатуре, так и в штатных расписаниях должностей специалистов.

В настоящее время на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности на одного специалиста высшей квалификации приходится в среднем, как было показано, 1,4 специалиста средней квалификации. Более низкая в данной отрасли по сравнению со всей промышленностью доля специалистов средней квалификации обуславливается в основном тем, что целлюлозно-бумажное производство является весьма сложным по технологии, применяемому оборудованию и по своей организации. Некоторая характеристика сложности целлюлозно-бумажного производства приведена в табл. 2.

Уровень фондовооруженности труда в целлюлозно-бумажной промышленности почти на 80% выше, чем в машиностроении, и почти в 4,4 раза больше, чем в легкой промышленности. По электровооруженности труда целлюлозно-бумажная промышленность занимает пятое место

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	В целом по промышленности СССР	В том числе по целлюлозно-бумажной промышленности
Тип производства . . . . .	—	—	Непрерывно-поточное
Фондовооруженность труда . . . . .	Тыс. руб.	5,1	5,8
Удельный вес рабочих машин и силового оборудования в общем составе промышленно-производственных основных фондов . . . . .	%	32,5	53,3
Машинвооруженность труда (в расчете на 1 рабочего) . . . . .	Тыс. руб.	1,66	3,09
Электровооруженность труда (в расчете на 1 рабочего) . . . . .	Квт-ч	10054	31723
Уровень комбинирования (удельный вес комбинатов в общем выпуске продукции)	%	—	74,2

среди других отраслей. Все это, естественно, требует повышенных знаний и подготовки работников, непосредственно занятых в производстве и обслуживающих его. Некоторое влияние на указанное выше соотношение между специалистами высшей и средней квалификации оказало также то обстоятельство, что ряд должностей, на которых с успехом могли бы работать техники, замещены инженерами.

Расчет перспективной потребности в специалистах по квалификациям показал, что для каждой группы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности характерно свое соотношение между специалистами высшей и средней квалификации. Результаты этого расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Типы предприятий	Соотношение между специалистами высшей и средней квалификации для предприятий:		
	крупных	средних	мелких
Целлюлозно-бумажные (картонные) комбинаты . . . . .	1 : 2,0	1 : 1,6	1 : 2,0
Целлюлозные заводы . . . . .	1 : 1,8	1 : 1,8	1 : 3,3
Бумажные и картонные фабрики . . . . .	1 : 1,3	1 : 1,8	1 : 3,5
Бумагоперерабатывающие фабрики . . . . .	—	1 : 3,0	

Из данных табл. 3 можно видеть, что на соотношение между специалистами непосредственное влияние оказывают размеры предприятий, структура и сложность производственных процессов.

К 1970 г. в целлюлозно-бумажной промышленности численность специалистов средней квалификации должна возрасти по сравнению с 1961 г. в 4,5 раза, а численность специалистов высшей квалификации — в 3,2 раза.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**БОРЬБА С ЛИЧИНКАМИ РЫЖЕГО СОСНОВОГО ПИЛИЛЬЩИКА (*Neodiprion sertifer* Geoffr) С ПОМОЩЬЮ АЭРОЗОЛЕЙ И ДУСТОВ**

**Г. В. СТАДНИЦКИЙ**

**Ф. В. НАУМОВ**

Научные сотрудники

(ЛенНИИЛХ)

Обнаружение личинок рыжего пилильщика в период между вспышками или в начале нарастания его численности представляет известные трудности, и нередко наличие их устанавливают, когда они находятся уже в III и IV возрастах. По мере роста личинок их устойчивость к ядохимикатам возрастает. Для изыскания возможностей борьбы с личинками рыжего пилильщика старших возрастов в 1962 г. на территории Лесогорского лесхоза Ленинградской области мы провели серию опытов. Отдельно стоящие экземпляры и группы соснового подроста высотой 1—3 м обрабатывали с расстояния 3—10 м при помощи аэрозольного генератора «Свингфог», имеющего производительность туманообразования 0,5 л/мин. Кроны подроста с гнездами личинок рыжего пилильщика выдерживали в облаке аэрозоля в течение 1 мин. Для сравнения производили опыливание личинок высококонцентрированными дустами алдрина (25%) и

Таблица 1

Ядохимикат, его концентрация в растворителе	Расстояние от деревьев до генератора, м	Число гнезд личинок в опытах, шт.	Общее число личинок в опыте, шт.	Смертность личинок (%) по дням					
				3	5	8	10	13	15
Гептахлор, 3%	5	2	61	66	70	85	85	86	89
	7	6	134	22	36	49	55	60	85
	10	3	183	67	72	77	80	80	96
Гептахлор, 6%	5	2	53	41	66	66	100	—	—
	7	2	42	33	65	65	90	—	—
	10	1	25	0	0	40	100	—	—
Гамма-изомер гексахлорана, 1%	5	3	145	25	32	59	80	84	—
	7	3	94	52	71	76	92	100	—
	10	2	114	44	46	59	59	86	—
Гамма-изомер гексахлорана, 3%	3	3	136	100	—	—	—	—	—
	5	4	156	72	72	72	77	—	—
	3	6	284	60	100	—	—	—	—
ДДТ, 8%	5	2	50	98	100	—	—	—	—
	7	1	48	44	55	55	96	96	—
ДДТ, 8% в комбинации с ГХЦГ, 2%	5	2	65	99	100	—	—	—	—
	7	2	55	90	100	—	—	—	—
Алдрин, 25%-ный дуст	0,5	2	32	100	—	—	—	—	—
	0,5	2	80	100	—	—	—	—	—
Контроль (чистое дизельное топливо)	5	4	102	0	0	0	0	0	0
	7	2	54	0	0	0	0	0	0
	10	3	62	0	0	0	0	0	0

ГХЦГ (30%). Ежедневно учитывали смертность путем подсчета погибших и живых личинок в кронах и на марлевых пологгах до прекращения опадения мертвых личинок. Всего испытано 8 вариантов растворов с общим числом опытов — 49.

В табл. 1 показаны результаты применения диеновых инсектицидов против личинок рыжего соснового пилильщика III—IV возраста. Обработку проводили 3—5 июля 1962 г., температура воздуха составляла  $+12-13^{\circ}\text{C}$ , сила ветра — до 0,5 м/сек.

Опытные работы были продолжены в условиях, близких к производственным, — в основном молодняке, зараженном рыжим пилильщиком.

При обработке насаждения рабочий с генератором двигался по заранее намеченной линии с наветренной стороны, направляя облако на участок. Периодически, через 10—15 м он заходил на 5—7 м в глубь насаждения. Применяли раствор из 8% ДДТ и 0,5% гамма-изомера ГХЦГ. Скорость движения рабочего, при которой обеспечивалась хорошая проработка аэрозолем крон деревьев (высота молодняка 2—5 м), составляла около 15 м/мин (вместе с заходами и остановками). Мертвые личинки падали на марлевые пологи, установленные по двум учетным линиям перпендикулярно линии движения рабочего. Пологи ставили на глубину до 40 м через каждые 10 м. Эффективную глубину захвата можно принять равной 15 м. Путь длиной 100 м рабочий прошел за 6 мин, следовательно, за это время было обработано около 0,15 га и израсходовано 3 л раствора (производительность генератора 0,5 л/мин). Расход ядохимиката на 1 га составляет 20 л, затраты времени — 40—60 мин (с учетом времени перезаправки).

Результаты аэрозольной обработки соснового молодняка приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ дерева	Расстояние от генератора, м	Число личинок на дереве и на пологе через 7 дней после обработки, шт.				Смертность, %	
		живых		погибших		I линия	II линия
		I линия	II линия	I линия	II линия		
1	2	—	—	86	136	100	100
2	10	—	—	220	95	100	100
3	20	39	26	12	91	23,5	77,7
4	30	8	14	31	9	79,5	36,0
5	40	25	4	10	86	28,5	4,4

В результате работы установлено следующее.

1. Применение диеновых инсектицидов в виде аэрозолей эффективно для борьбы с личинками рыжего пилильщика старших возрастов.

2. Эффективность работы повышается с увеличением концентрации ядохимиката и уменьшением расстояния от объекта до генератора.

Поступила в редакцию  
24 февраля 1964 г.

**ХОД РОСТА ТОПОЛЕЙ КАНАДСКОГО,  
ПИРАМИДАЛЬНОГО И БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В УСЛОВИЯХ  
КОЛХИДСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**Т. Г. ЧИНЧАЛАДЗЕ**

**А. А. ГЕДЕНИДЗЕ**

Научные сотрудники

(Институт леса Грузинской АН)

В Колхидской низменности насаждения тополей в основном расположены на слабо заболоченных почвах. Мы изучали 16-, 15- и 14-летние тополиевые насаждения на пробных площадях в Потийском и Зугдидском районах. На срубленных модельных деревьях определяли возраст, диаметр, высоту, средний и текущий прирост, а также распространение сердцевинной гнили и процент поврежденности. В табл. 1 приведены средние данные интенсивности роста тополей.

Таблица 1

Возраст, лет	Рост по высоте, м		Рост по диаметру, см		Рост объема, м <sup>3</sup>	Прирост, м <sup>3</sup>		Текущий прирост, %	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>
	H	ΔH	D	ΔD		средний	текущий		
Тополь канадский									
5	6,3	1,2	5,9	1,2	0,0117	0,0023	0,0023	20,0	21
10	13,6	1,3	12,1	1,2	0,0683	0,0068	0,0113	16,5	124
15	19,1	1,3	17,6	1,2	0,1918	0,0128	0,0186	9,6	348
16	19,6	1,2	19,0	1,2	0,2194	0,0137	0,0276	12,0	399
Тополь пирамидальный									
5	5,6	1,1	4,2	0,8	0,0062	0,0012	0,0012	19,0	13
10	9,6	1,0	7,0	0,7	0,0194	0,0019	0,0026	13,0	30
15	13,6	0,9	10,0	0,7	0,0493	0,0033	0,0060	12,0	103
Тополь бальзамический									
5	9,6	1,9	8,4	1,7	0,0389	0,0078	0,0078	20,0	36
10	18,6	1,9	13,6	1,4	0,1325	0,0133	0,0187	14,0	122
14	21,6	1,5	18,4	1,3	0,2511	0,0179	0,0296	12,0	233

Примечание. Среднее количество тополей на 1 га: канадского — 1820, пирамидального — 2088, бальзамического — 928.

Тополя в Колхидской низменности повреждаются сердцевинной гнилью, что снижает техническое качество их древесины. Древесина тополя канадского повреждается на 11,7% до высоты 13,6 м; пирамидального — на 3% до 5,6 м; бальзамического — на 6% до 15,6 м от поверхности почвы.

Таким образом как по высоте, так и по диаметру и объему лучше всего растет тополь бальзамический, поэтому разведение его в Колхидской низменности наиболее целесообразно.

Поступила в редакцию  
16 июня 1964 г.

**ЗАМЕЧАНИЯ К ТЕОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУНТА  
ОТВАЛОМ ДОРОЖНЫХ МАШИН**

**Д. В. ПИСАРЕВ**

Доцент, кандидат физико-математических наук  
(Московский лесотехнический институт)

В «Лесном журнале» № 4 за 1960 г. в порядке обсуждения была помещена статья Б. Е. Епифанова с критикой теории перемещения грунта отвалом дорожных машин, разработанной Н. В. Орнатским [4], [5], А. И. Анохиным и И. М. Эвентовым [1], [2]. Продолжая обсуждение этого вопроса, приведем несколько замечаний. Упомянутые авторы приняли следующую схему движения грунта под действием отвала, изображенную на рис. 1.

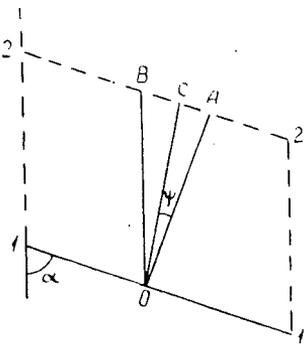


Рис. 1.

При движении отвала из положения 1—1 в положение 2—2 под углом  $\alpha$  к линии движения часть грунта, расположенного в точке O, будет сдвигаться по линии ОС, находящейся между ОВ — линией движения точки O отвала — и перпендикуляром ОА к линии 1—1 отвала.

Н. В. Орнатский получил следующее выражение для угла  $\psi$ :

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{f_1}{f_1 + 1} \operatorname{ctg} \alpha, \tag{1}$$

где  $f_1$  — коэффициент трения грунта по отвалу.

По А. И. Анохину и И. М. Эвентову

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{f_2}{f_2 + f_1} \operatorname{ctg} \alpha. \tag{2}$$

Б. Е. Епифанов [3] получил выражение

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\operatorname{ctg} \alpha - f_1}{1 + f_2 - f_1} \operatorname{ctg} \alpha. \tag{3}$$

Каждый автор принимал свою схему действия сил на перемещаемый грунт, основанную на разделении движения последнего по линии ОС на следующие перемещения: 1) вместе с отвалом по линии ОВ; 2) относительно отвала по линии ВС.

Хотя такое разделение вполне допустимо, однако при оценке сил, действующих на этих перемещениях, допущены ошибки, приводящие к противоречию с известными законами механики, вследствие чего выражения (1), (2), (3) неверны. Этим законам больше соответствует следующая схема сил, действующих на перемещаемый грунт. При движении отвала из положения 1—1 в положение 2—2 грунт перемещается из точки O в точку C по линии ОС. При этом на грунт действуют: 1) сила трения нижней несдвинутой части грунта, которая по закону Кулона для трения скольжения равна

$$F_2 = f_2 \cdot Q, \tag{4}$$

где  $f_2$  — коэффициент трения грунта по грунту;  
 $Q$  — вес сдвигаемой части грунта.

Сила  $F_2$  направлена против движения, то есть по направлению СО; 2) сила давления отвала на сдвигаемый грунт  $N$ , направленная перпендикулярно к поверхности отвала, то есть по линии ОА; 3) сила трения, возникающая при относительном движении грунта по отвалу от точки В до точки С, которая направлена против движения грунта, то есть имеет направление СВ

$$F_1 = f_1 \cdot N, \quad (5)$$

где  $f_1$  — коэффициент трения грунта по отвалу.

Предполагая движение сдвигаемой части грунта равномерным, получим, что эти три силы находятся в равновесии (рис. 2). Проектируя их на направление нормали к отвалу и вдоль отвала, из условия равновесия получим

$$F_2 \cdot \cos \psi = N; \quad F_2 \cdot \sin \psi = F_1; \quad (6)$$

отсюда для той же величины угла  $\psi$ , которая приведена в соотношениях (1), (2), (3), получим следующее выражение:

$$\operatorname{tg} \psi = f_1. \quad (7)$$

Следует заметить, что это соотношение, полученное из законов механики, справедливо лишь в том случае, если угол  $(\frac{\pi}{2} - \alpha)$  больше угла трения, то есть  $\operatorname{tg}(\frac{\pi}{2} - \alpha) > f_1$ . При углах  $\alpha$ , близких к  $\frac{\pi}{2}$ , или, точнее, в том случае, когда  $\alpha$  удовлетворяет неравенствам  $\frac{\pi}{2} \geq \alpha \geq \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} f_1$ , более правильна следующая схема

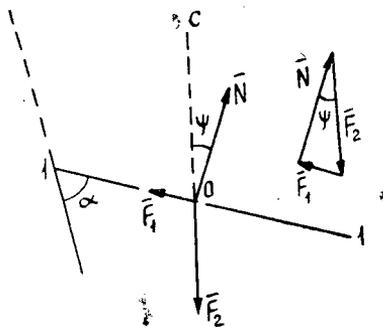


Рис. 2.

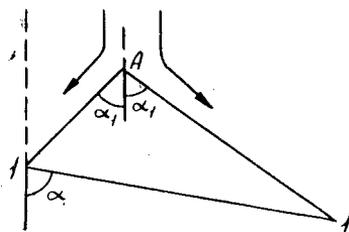


Рис. 3.

движения грунта: при движении отвала вместе с ним перемещается часть грунта А I—I (рис. 3). Сдвигаемый грунт скользит не по плоскости I—I, а по плоскостям А I, движущимся вместе с отвалом части грунта, как указано стрелками на рис. 3. Грани А I будут своеобразными «отвалами» для сдвигаемой части грунта с той разницей, что здесь коэффициент трения грунта по «отвалу» будет не  $f_1$ , а  $f_2$ ; угол  $\alpha$ , образуемый гранями спутного грунтового клина с направлением движения отвала, будет определяться соотношением

$$\operatorname{tg}(\frac{\pi}{2} - \alpha_1) = f_2. \quad (8)$$

В заключение следует отметить, что все приведенные схемы движения грунта являются приближенными. Для их уточнения надо учитывать перемещение грунта не только в горизонтальной плоскости, но и по вертикали.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Анохин, И. М. Эвентов и др. Дорожные машины. Дориздат, 1950.
- [2]. А. И. Анохин, И. М. Эвентов. Испытание снегоочистителей. Журн. «Дорога и автомобиль» № 2, 1936. [3]. Б. Е. Епифанов. К вопросу теории перемещения грунта отвалом дорожных машин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1960. [4]. Н. В. Орнатский. Теория перемещения грунта при машинном профилировании. Сборник МИИТа № 9, 1928. [5]. Н. В. Орнатский. Курс грунтовых дорог. Гострансиздат, 1933. [6]. И. В. Шатов. Экспериментальная проверка перемещения грунта при машинном профилировании дорог. Труды ЦНИИМЭ 195. [7]. И. М. Эвентов. Анализ процесса резания и перемещения грунта ножом грейдера. Кандидатская диссертация, Л., 1946.

Поступила в редакцию  
6 февраля 1964 г.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## «ОБЩЕЕ ЛЕСОВОДСТВО» П. С. ПОГРЕБНЯКА \*

Выход в свет монографии, принадлежащей перу видного советского ученого-лесоведа, акад. АН УССР Петра Степановича Погребняка, несомненно будет встречен с большим интересом не только учащимися вузов, но и широкой лесной общественностью, работниками науки и лесоводами-производственниками нашей страны.

Книга делится на две основные части — биология леса и собственно лесоводство, то есть основы ведения лесного хозяйства. Ее содержание отвечает положению, сформулированному в предисловии: «Общее лесоводство является теоретической частью курса лесоводства, биологической основой для рубок возобновления и воспитания леса, лесных культур и лесных мелнораций». Таким образом, задачи данной дисциплины понимаются широко.

Термин «биология леса» автор применяет как синоним «лесоведения», считая его более удачным. В этой первой части книги изложены основные понятия об изучаемом предмете («морфология леса»), даны теоретические оценки происходящих в лесу процессов, взаимоотношения компонентов леса, лесных насаждений со средой, закономерностей распространения лесов и их географического разнообразия. Ценно введение в учебник лесоводства характеристики лесов с позиций истории растительного мира: краткий очерк дочетвертичного лесного покрова, истории лесов в голоцене, влияния человека на лес.

В главе «Лес и его среда» дана классификация факторов среды. Главное внимание уделено оценке биологических явлений в лесу; показано, как изменение тех или иных факторов среды ведет к разнообразию лесов в природе. Весьма ценным является точное установление прадаций плодородия (4 тропотопа) и влажности (6 гигротопов) почв по многим растительным индикаторам. Здесь

автор наглядно анализирует причины разнообразия породного состава естественных лесных насаждений, их продуктивности, различного характера травянистого покрова и пр.

Весьма содержательны и ценны главы о свете и тепле. Автор критически рассмотрел и обобщил различные классификации древесных пород по светолюбию и теневыносливости и описал внешние признаки для их определения. На основании литературных и собственных данных он показал, что продуктивность фотосинтеза древесных пород тесно связана с внутренним и внешним обменом веществ. Материалы о потребности конкретных древесных пород в свете, о световом режиме в насаждениях при различном изреживании, о последствии светового режима и т. д. очень важны для лесоведа, поскольку они в значительной мере определяют продуктивность лесов. Рассмотрев тепловые условия роста леса с помощью сравнительно-экологической методики, П. С. Погребняк установил ряды эколого-климатического замещения. Причины разнообразия насаждений в пределах указанных рядов различны.

В главе о почве подробно и оригинально рассмотрена роль почвы как среды для жизни леса. Здесь приведена классификация древесных пород по глубине распространения корневых систем, разобрана роль ризотектоники в успешном росте лесных насаждений, особенно на песчаных почвах. Показана потребность отдельных древесных пород в азоте и зольных элементах и требовательность их к почвенному плодородию. Очень ценны обобщающие выводы о круговороте азота и зольных элементов между растительностью и почвой. На основании личных исследований и данных своих учеников П. С. Погребняк заключает, что с возрастом насаждений в почве возрастает запас подвижных питательных веществ — азота, фосфора, калия, кальция, а также повышается рН почвы. Лесные насаждения на черноземе ускоряют круговорот питательных веществ, вовлекая в него дополнительное количе-

\* П. С. Погребняк. Общее лесоводство. Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, М., 1963, 399 стр.

ство элементов питания из первичных и вторичных минералов, а также прочно связанных в гумусе. Подытоживая рассмотрение круговорота, автор приходит к важному выводу, касающемуся эффективности минеральных удобрений для продуктивности лесов: «Однократное внесение удобрений в лесную почву равноценно многократному внесению их в полеводство, так как в лесу существует полный круговорот веществ, благодаря которому однажды внесенное количество вещества многократно участвует в обмене веществ между растительностью и почвой» (стр. 229).

По богатству излагаемых научных материалов и полноте их анализа первый раздел книги имеет значение не только как пособие для студентов, но и как солидная научная сводка.

Более сжато изложен второй раздел учебника «Естественное возобновление и воспитание леса». Особенно оригинальна и богата содержанием глава о росте, развитии и продуктивности леса. Приведенные в ней материалы имеют также большое практическое значение. Здесь сформулированы закономерности изменений продуктивности насаждений в связи с влажностью местообитаний, возрастом древостоя, густотой и скоростью роста. Особо следует подчеркнуть обзор видов взаимоотношений между древесными породами в смешанных насаждениях.

Заключительная глава книги посвящена вопросам лесной типологии, особенно близким ее составителю. Изложены принципиальные основы лесоводственного направления в типологии, успешно развиваемого советскими лесоводами. Дана краткая характеристика крупных групп, на которые экологи-лесоводы разделяют леса: боров, суборей, сугрудков и грудов. Однако, по нашему мнению, необходимо также изложение других течений в лесной типологии.

Превосходно написан раздел о роли животных в лесу, ценный не только с познавательной точки зрения, но и практической, так как содержит советы для лесничих. Такие указания, впрочем, характерны для большинства разделов, и все они вытекают из научного анализа разбираемых положений и хорошо ими обоснованы. С педагогической точки зрения новый учебник ценен еще тем, что он не только излагает выводы лесоводственной науки, но и заставляет читателя думать.

В книге дан краткий обзор развития отечественного лесоводства; показан приоритет русской и советской науки в ряде таких важных отраслей лесоводства, как полезащитное лесоразведение, лесная типология и др.; в то же время привлечены значительные материалы, полученные зарубежными лесоводами.

**П. С. Пастернак**

*Кандидат биологических наук*

**П. С. Каплуновский**

*(Карпатская ЛОС)*

## ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ Б. Е. ЕПИФАНОВА «ДОРОЖНЫЕ И ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ» \*

При изложении основ теории резания грунта под заголовком «Углы резания и силы...» о силах ничего не сказано. В формулировке угла резания (стр. 129) допущена неточность. Очевидно, этим углом является угол между режущей гранью ножа и плоскостью среза, а не горизонтальной плоскостью, так как резание может осуществляться и под некоторым углом к горизонту. При рассмотрении косоугольного клина неверно указана функция простого клина, расположенного в плоскости УОХ.

Формула для определения сопротивления от перемещения корчевателя, напечатанная на стр. 158, неправильна. Формулы на стр. 159, вопреки утверждению автора, определяют силу тяги по сцеплению, а не толкающее усилие. При определении тягового усилия лебедки (стр. 166) не учтены потери в направляющих блоках. Излагая тяговый расчет рыхлителя, автор неверно указывает направление действия силы сопротивления резанию грунта. Неправильно определено тяговое усилие на крюке трактора (стр. 169). Не обосновано выражение  $R_2 = (0,3 - 0,7) W_1$ . Непонятно, по какой причине при составлении уравнения моментов, действующих относительно точки  $B$ , не учтены моменты сил  $W_1$ ,  $R_2$ ,  $G_p$ , хотя направления действия этих сил не проходят через точку  $B$ . По непонятным причинам отсутствует расчетная часть к канавокопателям.

При описании универсального бульдозера неверно указан способ придания отвала перекося в вертикальной плоскости. Отсутствует классификация машин для погружения свай. Вместо бензопилы «Дружба», которая изучается в другом курсе, следовало бы описать различные съемные приспособления к ней (сверло, бензопневмомолоток и др.). У грейдера

Д-20 на ходу можно изменять не только глубину резания и углы переноса отвала и наклона передних колес, но и углы захвата и сцепки (стр. 304). Формулировка и математическое выражение степени измельчения не соответствуют друг другу (стр. 312). На рис. 124, а пунктиром неточно указано положение левой распорной плиты дробилки.

Навесные дорожные фрезы по сравнению с прицепными являются более прогрессивными, но об этом в статье не сказано. Более того, автор вообще ни единого слова не говорит о существовании навесных фрез. Путанно и необоснованно кратко описаны грунтосмесительные машины. В этой связи вызывает удивление, что автор больше места отвел деревянному утюгу, чем грунтосмесителям, которым суждено произвести настоящий переворот в строительстве столь перспективных дорог с одеждами из грунтов, обработанных вяжущими материалами.

Сравнивая описание орудий для строительства зимних дорог в рецензируемой книге и в изданиях более чем десятилетней давности, можно подумывать, что в рассматриваемой области отсутствует какой бы то ни было прогресс. Между тем ко времени написания книги были известны работы в новом прогрессивном направлении строительства.

С существенными погрешностями изложен тяговый расчет плужных снегоочистителей. Непонятно, для чего потребовался довод автора об отдельном учете сопротивления движению снегоочистителя как повозки (стр. 342), так как это делается для всех машин. К тому же этот довод несостоятельный, ибо переменное значение имеет коэффициент трения не только снега, но и грунта о металл, причем в последнем случае эта величина намного больше.

Классифицируя машины и приступая к их описанию, автор зачастую не делал всесторонней сравнительной оценки отдельных типов или конструкций машин, не отмечал, какая из них и почему имеет

\* Эта работа (объемом более 15 печатных листов) является вторым разделом книги Б. Е. Епифанова и Б. Д. Ионова «Дорожностроительные машины в лесной промышленности». Гослесбуиздат, 1961.

преимущественное распространение. Автор не оправданно использовал по дорожным машинам преимущественно книги старых изданий. Это привело к тому, что ряд важных новых машин, как например, самоходный пневмоколесный каток Д-365, трамбующая машина Д-471, передвижной смеситель Д-370, навесная фреза Д-396 и другие не только не описаны, но даже не упомянуты. В книге нет ничего о навесных орудиях к трелевочным тракторам, десятки тысяч которых работают в лесу. Форма изложения материала оставляет желать лучшего. Очень часто встречаются стилистические

неточности и даже небрежности (стр. 159, 163, 169, 182, 184 и т. д.), опечатки (стр. 160, 161, 164, 166, 185, 215 и т. д.), много случаев нарушения терминологии (стр. 133, 158, 159, 184, 231, 241 и т. д.). Пользоваться книгой затрудняет также отсутствие нумерации формул (особенно тех, которые приведены без выводов) и ссылок на литературные источники.

Досадно, что книга, по которой должны учиться будущие инженеры, имеет такое обилие дефектов; поэтому необходимо быть весьма осмотрительным при пользовании ею.

**П. Г. Сергеев**

*Доцент, кандидат технических наук*

(Поволжский лесотехнический институт)

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР ПО ПЕРЕДОВЫМ МЕТОДАМ  
СКОРОСТНОГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В марте 1964 г. при Киевском доме научно-технической пропаганды прошел семинар по передовым методам скоростного ремонта оборудования деревообрабатывающих предприятий, в котором участвовали инженерно-технические работники Белорусского, Северо-Кавказского, Средне-Уральского и Северо-Западного совнархозов.

С докладом об организации ремонта лесопильного и деревообрабатывающего оборудования на предприятиях Киевского совнархоза выступил канд. техн. наук Х. Х. Стефановский. Большое внимание он уделил организации социалистического соревнования между бригадами технадзора за увеличение межремонтного срока службы оборудования, проведению профилактических ремонтов по потребности и внедрению мероприятий по повышению материальной заинтересованности работников технадзора и станочников в увеличении срока безаварийной работы оборудования.

Канд. техн. наук Д. П. Скрыпниченко рассказал о применении токов высокой частоты для закалки деталей и примерах применения ультразвука в промышленности.

На Киевском деревообрабатывающем комбинате участники семинара ознакомились с организацией ремонтной службы, ремонтно-механическими мастерскими и технологией ремонта ряда ответственных деталей деревообрабатывающего оборудования.

В лаборатории скоростных методов обработки металлов резанием при Киев-

ском доме научно-технической пропаганды были показаны высокопроизводительные приспособления, применяемые при обработке деталей класса валов, шестерен, колец и втулок, и высокопроизводительные методы обработки фасонных и конических поверхностей и нарезания резьб на токарных и револьверных станках. Большую эффективность дает, например, использование приспособлений конструкции Лысюка для сверловки и расточки многогранных отверстий самозажимного центробежного поводкового патрона конструкции Анисимова и др.

В межобластной лаборатории участники семинара ознакомились с результатами внедрения различных методов электросварки и восстановления изношенных деталей электронаплавкой.

Выступление инж. Л. А. Федосеева (Украинский НИИ синтетических сверхтвердых материалов и инструмента) было посвящено вопросу внедрения на мебельных и деревообрабатывающих предприятиях инструмента, оснащенного твердым сплавом.

Участники семинара смогли на месте ознакомиться с результатами внедрения в промышленность достижений науки и техники. Правда, следует сказать, что здесь не была представлена промышленность Сибири, Дальнего Востока и Центра и не было сотрудников научно-исследовательских организаций, за исключением ЦНИИМОДА.

**Л. П. Потяркин**

*Аспирант*

(Архангельский лесотехнический институт)

ЮБИЛЕИ

**К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
проф. И. В. ВОРОНИНА**

15 октября 1964 г. общественность Воронежского лесотехнического института отметила 60-летие со дня рождения и 40-летие производственной, научно-педагогической и общественной деятельности проф. Ивана Васильевича Воронина.

Иван Васильевич родился 29 августа 1904 г. в г. Моршанске Тамбовской области в семье рабочего. Его трудовая деятельность началась с шестнадцатилетнего возраста.

В 1923 г. И. В. Воронин поступает учиться на лесной факультет Воронежского сельскохозяйственного института. По окончании института с 1927 г. он последовательно работает на должностях помощника лесничего, таксатора, старшего специалиста областного управления лесоохраны. С 1941 по 1946 г. Иван Васильевич успешно работает главным лесничим Воронежского управления лесоохраны и лесонасаждений, за что награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

В 1946 г. И. В. Воронин защитил диссертацию и ему была присвоена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук.

С 1947 г. И. В. Воронин заведует кафедрой экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности.

И. В. Воронину принадлежит 51 опубликованная работа (общим объемом более 70 печатных листов).

Научно-исследовательская работа Ивана Васильевича постоянно связана с производством и относится к изучению актуальных вопросов экономики и организации лесного хозяйства. Его работы

о продукции лесного хозяйства, определении себестоимости выращивания древесины, переводе лесного хозяйства на хозяйственный расчет и организации комплексных лесных предприятий и лесах I и II групп широко известны в нашей стране и за рубежом. И. В. Воронин известен как новатор, выдвигающий и разрабатывающий самые актуальные проблемы развития лесного хозяйства.

В 1961 г. И. В. Воронину за заслуги перед лесозащитной наукой присвоено ученое звание профессора. С того же года он успешно руководит сложной научной-исследовательской работой всего коллектива Воронежского лесотехнического института. Под его руководством выполнено несколько кандидатских диссертаций.

Иван Васильевич принимает активное участие в общественной жизни института и за его пределами. Он является руководителем экономического семинара научных

работников Воронежского лесотехнического института, членом технического совета Главлесхоза РСФСР, членом Совета по экономическим проблемам при ВНИИЛМе, членом редакционного Совета Гослесбумиздата и членом редакционной коллегии «Лесного журнала».

Лесоводы, друзья и товарищи, отмечая юбилей Ивана Васильевича Воронина, желают ему доброго здоровья, счастья и долгих лет плодотворной трудовой деятельности.

**В. П. Смородин**  
Доцент

(Воронежский лесотехнический институт).



## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. В. Колесниченко. О биохимическом соответствии древесных пород при их сочетании в лесном насаждении . . . . .	3
А. И. Патацкас. Применение функции Шарлье для исследования закономерностей строения насаждений . . . . .	7
В. Я. Попов, П. И. Войчалъ. О росте сосновых культур из иркутских семян на юге Архангельской области . . . . .	12
М. Л. Дворецкий. Элементарный запас древостоя . . . . .	16
Ю. Н. Азиев. Биологический метод учета урожайности сосновых насаждений . . . . .	19
Н. И. Ониськив. О возможности создания еловых культур разновозрастным посадочным материалом и выращивания их без ухода за почвой в лесхозагах Карпат . . . . .	22
В. Е. Кизенков. Аэросев ели по гари трехлетней давности в Архангельской области . . . . .	25
В. Г. Шаталов. Культуры тополя в пойме Среднего Дона . . . . .	29
Б. В. Бабиков. О водном режиме осушенных торфяных почв и его влиянии на рост культур сосны . . . . .	32
М. Т. Гончар, С. Н. Корыстин. Культуры лиственницы японской ( <i>Larix leptolepis</i> Cogd.) в Львовской области . . . . .	37
А. М. Ильин. Инъекция бутилового эфира 2,4-Д — эффективный метод борьбы с возобновлением осины . . . . .	41
А. И. Пряхин. Гидрогеологические условия песков Арчединского лесхоза . . . . .	44
В. М. Иванюта. Универсальный лесотаксационный прибор и способы его применения . . . . .	47

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. И. Кувалдин, З. С. Цофин. Определение параметров уравнения, характеризующего грузовую линию пакета хлыстов (деревьев с кроной) . . . . .	53
Д. И. Кодочигов. К вопросу анализа и расчета электрических нагрузок на лесоразработках . . . . .	59
Г. Г. Самойлович. Опыт вывозки древесины вертолетом . . . . .	68
Г. А. Манухин, В. Я. Харитонов. К вопросу о подводном перемещении бревен при сортировочно-сплоточных работах на сплавных рейдах . . . . .	70
П. Н. Бутин. Измерение скорости движения при тензометрировании лесных машин . . . . .	77
Ф. А. Павлов. К вопросу о распределении нормальных вертикальных напряжений в снего-ледяном покрытии . . . . .	80
Б. В. Уваров. О работе грунтовых оснований автомобильных дорог с покрытиями из железобетонных плит . . . . .	89

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. Э. Грубе, В. И. Санев, В. К. Пашков. Некоторые вопросы продольной распиловки древесины тонкими круглыми пилами . . . . .	101
В. И. Чуприн. Пиление твердых древесно-волокнистых плит круглыми пилами . . . . .	116

О. И. Полубояринов. Физико-механические свойства фаутной древесины осины . . . . .	125
Л. А. Федосеев. Экспериментальное исследование различных форм пило-правных бойков и наковалён . . . . .	130

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Н. Я. Солечник, К. Хамар, В. М. Анжикьева. К вопросу получения древесных пластиков без связующих их хвойных пород. Сообщение 3 . . . . .	139
А. Ф. Киприанова, В. И. Юрьев. Влияние адсорбции соединений алюминия и железа целлюлозой на проклейку бумаги. Сообщение 2 . . . . .	143
Т. М. Крошилова, В. М. Никитин. Реакция лигнинов с диазосоединениями, Сообщение 1. Взаимодействие диазоантраниловой кислоты с сульфатным лигнином . . . . .	147
И. М. Боховкин, Ю. И. Боховкина, Е. О. Витман. Визуально-политермическое исследование взаимодействия ацетамида с монохлоруксусной и трихлоруксусной кислотами . . . . .	152
А. Е. Васильев. Явление старения смоляных ходов и его значение для подсочки . . . . .	158
А. П. Иванов. О соотношении между специалистами с высшим и средним специальным образованием в целлюлозно-бумажной промышленности . . . . .	162

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г. В. Стадницкий, Ф. В. Наумов. Борьба с личинками рыжего соснового пилильщика ( <i>Neodiprion sertifer</i> Geoffr.) с помощью аэрозолей и дустов . . . . .	165
Т. Г. Чинчаладзе, А. А. Геденидзе. Ход роста тополей канадского, пирамидального и бальзамического в условиях Колхидской изменности . . . . .	167
Д. В. Писарев. Замечания к теории перемещения грунта отвалом дорожных машин . . . . .	168

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

П. С. Пастернак, П. С. Каплуновский. «Общее лесоводство» П. С. Погребняка . . . . .	170
П. Г. Сергеев. Замечания по работе Б. Е. Епифанова «Дорожные и путевые машины» . . . . .	172

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Л. П. Потяркин. Всесоюзный семинар по передовым методам скоростного ремонта оборудования деревообрабатывающих предприятий . . . . .	174
---	-----

### ЮБИЛЕИ

В. П. Смородин. К 60-летию проф. Ивана Васильевича Воронина . . . . .	175
---	-----

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

Сдан в набор 12/XI-64 г. Подписан к печати 30/1 65 г. Форм. бум. 70x108. Физич. л. 11, печ. л. 15,07. 2 вклейки, уч.-изд. л. 14,08. Тираж 1650. Сл. 00036. Зак. № 192. Цена 1 руб.

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

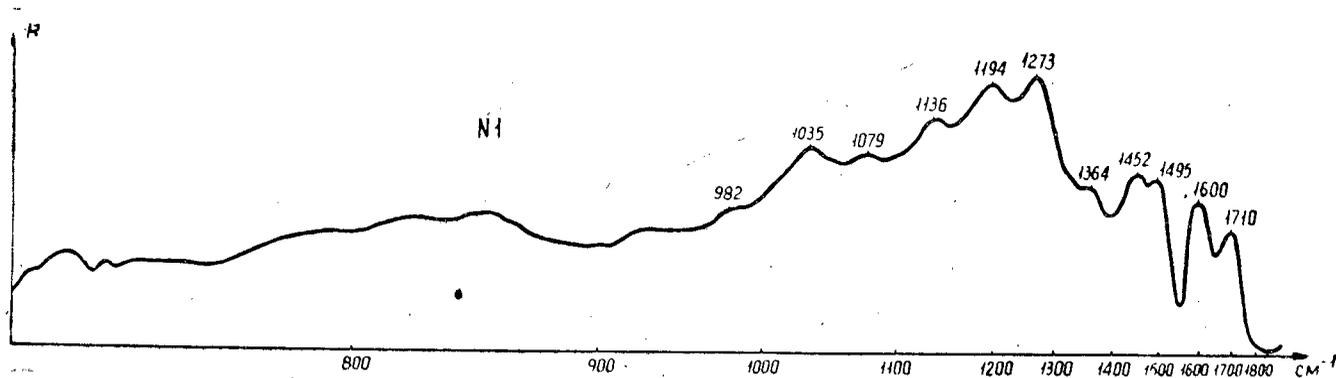


Рис. 2. Инфракрасный спектр исходного лигнина.

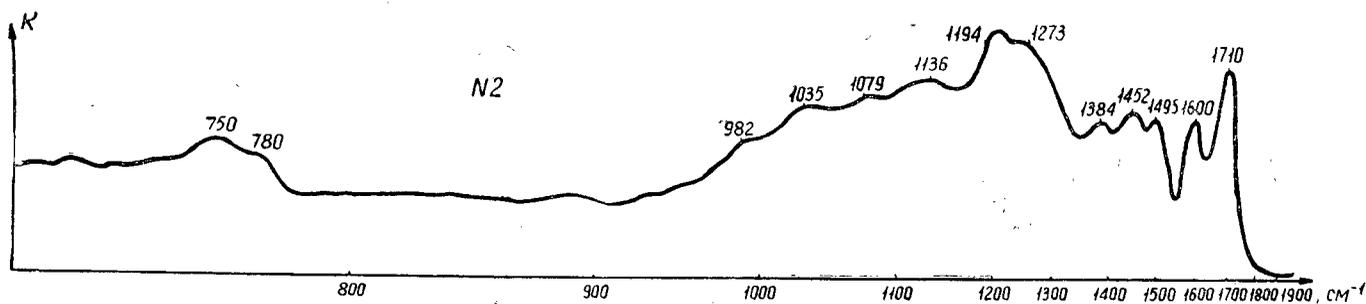


Рис. 3. Инфракрасный спектр азопроизводного лигнина с одним молем диазоантраниловой кислоты.

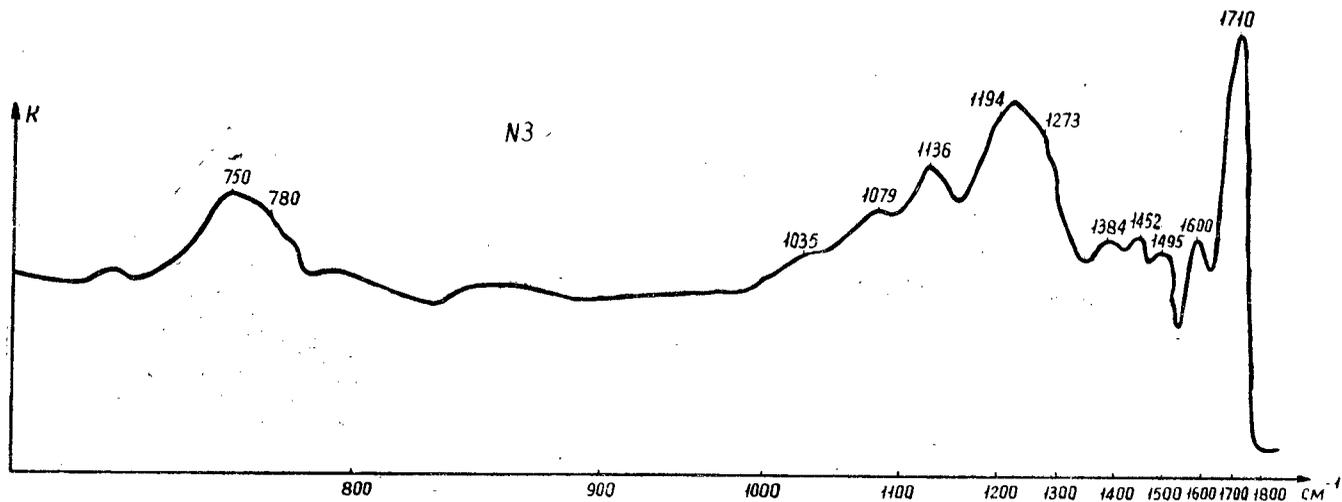


Рис. 4. Инфракрасный спектр азопроизводного лигнина с тремя молями диазоантраниловой кислоты.

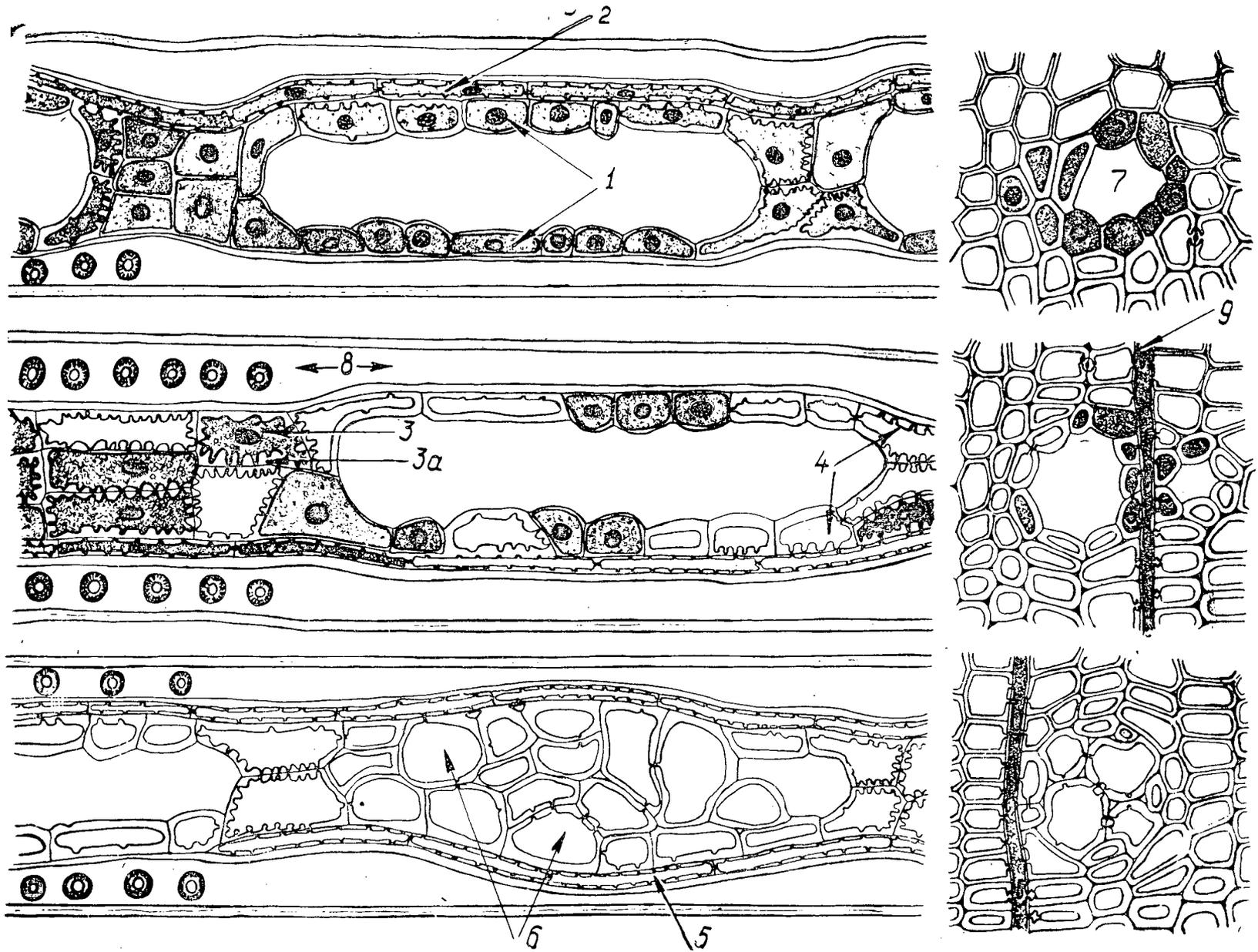
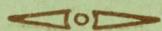


Рис. 1. Строение вертикальных смоляных ходов различного возраста у ели обыкновенной на поперечном (справа) и продольном радиальном (слева) срезах. Вверху — смоляной ход в год образования, преобладают тонкостенные клетки; в середине — ход пятого года. часть одревесневших клеток эпителия и окружающей паренхимы отмерла, тонкостенных неодревесневших клеток сохранилось мало; внизу — полностью отмерший смоляной ход пятнадцатого года с каналом, закупоренным тиллоидами; клетки лучей этого годичного слоя живые. 1 — тонкостенные живые клетки эпителия; 2 — одревесневшие живые клетки окружающей паренхимы с порами в оболочке; 3 — толстостенные одревесневшие живые клетки эпителия; 3,а — поры в их оболочках; 4 — отмершие одревесневшие клетки эпителия; 5 — отмершие клетки окружающей паренхимы; 6 — тиллоиды; 7 — канал смоляного хода; 8 — трахеиды; 9 — клетки радиального луча.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

**Подписывайтесь  
на журнал на 1965 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

**Раздел  
„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963 и 1964 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».