

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

ГОД ИЗДАНИЯ СЕДЬМОЙ

5

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. Корогов, 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 СРЕДНЕМ ПРИРОСТЕ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ
В ЛЕСАХ СССР

Г. С. РАЗИН

Инженер

(Производственное управление Западно-Уральского СНХ)

Многих специалистов интересует вопрос, почему при наличии среднего прироста запасов древесины, превышающего объем вырубки в два раза (как это указывается в нашей литературе), не заметно увеличения общего запаса леса в стране, а наоборот чувствуется его уменьшение.

До сих пор все специалисты уверены, что вычисленные по существующему методу средние приросты запасов для различных хозяйств, а также в целом для лесхозов, областей и страны являются действительными средними величинами за весь прошлый период жизни древостоев и их совокупностей. Но наши исследования показали, что этот метод дает совершенно неправильные значения, так как по отдельным экономическим районам страны действительные величины приростов оказываются завышенными на 100% и более, в зависимости от возрастного состава лесов. В данной статье мы поставили задачу доказать ошибочность существующего метода.

Средний прирост запасов древесины отдельного абсолютно одно-возрастного древостоя вычисляется вполне правильно по формуле

$$z = \frac{V_A}{A}, \quad (1)$$

где z — средний прирост запаса насаждения за период A лет от момента возникновения;

V_A — запас насаждения в возрасте A лет;

A — возраст древостоя.

Средний прирост имеет физическую единицу измерения — m^3 древесины в среднем за 1 год в течение рассматриваемого периода; текущий прирост — m^3 древесины за конкретно рассматриваемый год.

Теперь рассмотрим основную общую формулу (2), по которой в настоящее время вычисляют средние приросты запасов древесины в лесхозах, областях и по стране.

$$\Sigma z = \frac{V_1}{a_1} + \frac{V_2}{a_2} + \frac{V_3}{a_3} + \dots + \frac{V_n}{a_n}, \quad (2)$$

где $V_1; V_2; V_3; \dots V_n$ — запасы насаждений по классам возраста;

$a_1; a_2; a_3; \dots a_n$ — средние возрасты по классам возраста;

Σz — суммарный средний прирост комплекса насаждений, то есть средний прирост по хозяйству.

Рассмотрим, как используется эта формула применительно к хвойному хозяйству, представленному десятью классами возраста. В данном случае, как известно, имеем $a_1 = 10$ лет, $a_2 = 30$ лет, $a_3 = 50$ лет, ... $a_{10} = 190$ лет.

Подставляя в формулу (2) значения средних возрастов по классам возраста, получим

$$\Sigma z = \frac{V_1}{10} + \frac{V_2}{30} + \frac{V_3}{50} + \dots + \frac{V_{10}}{190},$$

где $\frac{V_1}{10}$; $\frac{V_2}{30}$; $\frac{V_3}{50}$; ... $\frac{V_{10}}{190}$ — средние приросты за 10, 30, 50, ... 190 лет, прошедших с момента возникновения древостоев насаждений отдельных классов возраста.

Если средний прирост находить по этой формуле, то есть путем суммирования этих отдельных величин, то получится полный абсурд. Время действия жизненных процессов этих объектов далеко не совпадает и поэтому суммировать их нельзя. Таким образом, основная формула (2) совершенно непригодна для определения среднего прироста запасов древесины комплекса насаждений.

По существующей теории вычисления средних приростов считается (В. К. Захаров, «Лесная таксация», стр. 289), что аналогичные полученные по формуле (2) данные средних приростов можно получить по другой формуле

$$\Sigma z = \Sigma V_n : A_{\text{ср}} \quad (3)$$

путем предварительного определения $A_{\text{ср}}$ по формуле (В. К. Захаров, стр. 170)

$$A_{\text{ср}} = \frac{\Sigma (V_n \cdot a_n)}{\Sigma V_n} \quad (4)$$

Однако если средний прирост запасов древесины в лесах Главлесхоза СССР, вычисленный по формуле (2), равняется 853 млн. m^3 , то по формуле (3) — только 630 млн. m^3 . Это доказывает, что указанные формулы далеко не идентичны, и их нельзя применять для взаимной проверки.

Средний возраст, определенный по формуле

$$A_{\text{ср}} = \frac{\Sigma V_n}{\Sigma z}, \quad (5)$$

при принятии величины Σz по данным формулы (2), для всех лесов Главлесхоза равен 88 годам, а по формуле (4) — 119 годам, что показывает на неравнозначность и этих формул.

Средний прирост, вычисленный по формуле (3), нельзя считать действительным усредненным показателем за прошедший период жизни лесов. Нельзя его определять путем приведения накопленных запасов к какому-либо периоду, даже если этот период равен расчетному среднему возрасту насаждений всех лесов.

Если средний прирост 630 млн. m^3 , вычисленный по формуле (3), считать правильным, то следует признать, что имеющиеся в настоящее время все запасы древесины в лесах Главлесхоза (75 млрд. m^3) образовались (накопились) всего лишь за 119 лет. Но мы знаем, что в лесах Главлесхоза насаждения старше 120 лет имеют запас древесины 25,3 млрд. m^3 , поэтому можем вполне обоснованно утверждать, что имеющиеся в наличии запасы образовались не в течение последних

119 лет, то есть за период, равный среднему возрасту, а за более длительное время, так как иначе не было бы насаждений в возрасте 120—200 лет и более. Поэтому можно утверждать, что и эта формула ошибочна.

Проследим ход наших рассуждений на одном из примеров. За объект исследования примем еловое хозяйство лесов всей Пермской области, которое характеризуется данными табл. 1 (по состоянию на 1/1-1960 г.).

Таблица 1

Класс возраста	Запас, млн. м ³	Средний возраст, лет	Средний прирост по формуле (2), млн. м ³
I	1,64	10	0,164
II	6,62	30	0,221
III	15,90	50	0,318
IV	36,00	70	0,514
V	88,65	90	0,985
VI-VII	448,20	120	3,740
VIII-X	372,10	160	2,325
Общий	969,10	129	8,270

Теперь на графике (рис. 1) изобразим запасы по классам возраста через средний прирост и средний возраст, принимая из формулы (2)

$$z_n = \frac{V_n}{a_n} \text{ и } V_n = z_n \cdot a_n.$$

По оси X будем откладывать в отрицательном направлении возраст, принимая за начало времени 1960 год, а по оси Y — средние приросты.

В этом случае произведение $x \cdot y = a \cdot z$ будет площадью F , характеризующей запас древесины в каждом отдельном классе возраста. Откладываем средний возраст, средний прирост и, значит, запасы поочередно, начиная со старших классов возраста. Средние приросты и запасы откладываем так, чтобы в результате графически получить их суммы; проводим кривую, заменяющую ломаные прямые линии.

Площадь, замкнутая между проведенной кривой и осями координат, представляет сумму запасов отдельных классов возраста — общий запас по хозяйству. Исходя из сказанного, имеем

$$\begin{aligned} \Sigma F_n &= \Sigma V_n; \\ \Sigma F_n &= \Sigma (x_n \cdot y_n); \\ \Sigma V_n &= \Sigma (z_n \cdot a_n). \end{aligned}$$

Из построенного графика наглядно видно, что сумма средних приростов по классам возраста не является средним приростом для данного хозяйства в продолжении его жизни, а служит как бы периодическим средним приростом за последние 10 лет жизни насаждения. Фактический периодический средний прирост за последние 10 лет имеет в несколько раз меньшую величину, так как за последние 10 лет ни в одном из классов возраста он не равен нанесенным на график. Например, для VIII—X классов он равняется нулю, если не считать отрицательный периодический прирост. С другой стороны, из математики известно, что для данного графика среднюю ординату определяют по формуле

$$y_{\text{ср}} = \frac{\Sigma F_{1-10}}{X_{10}}.$$

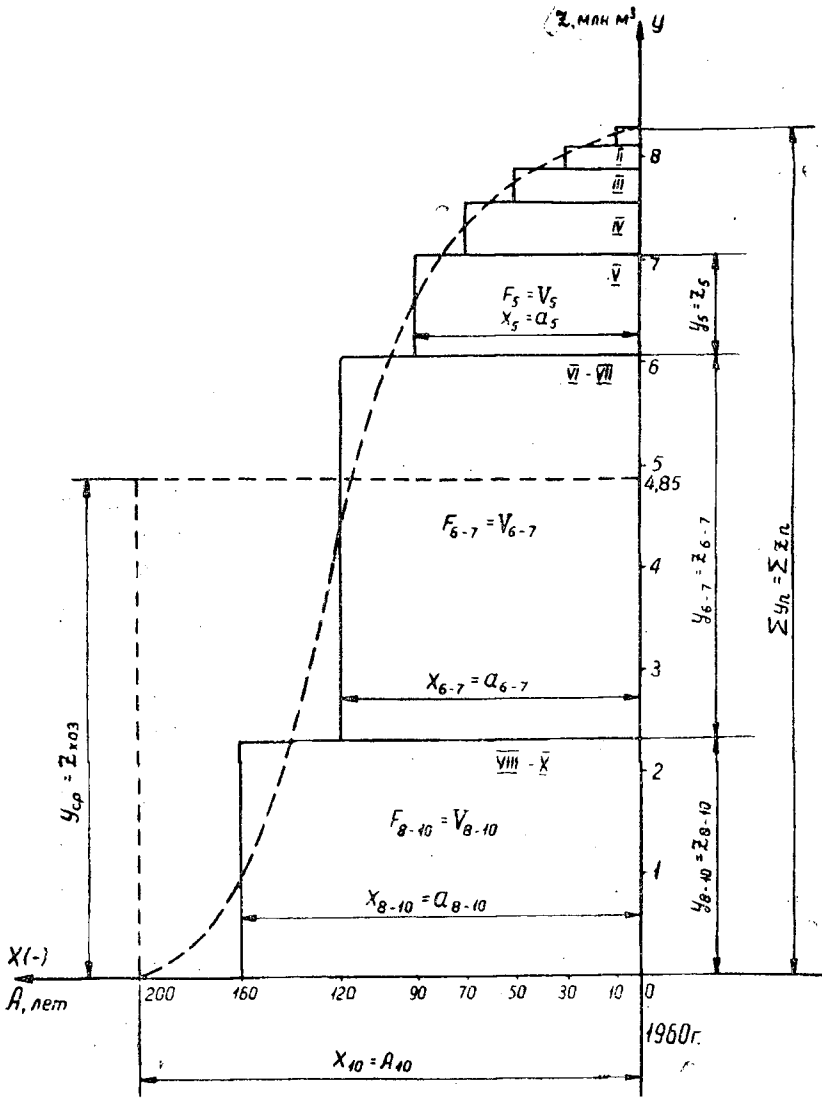


Рис. 1.

Если принять $u_n = z_n$, то будем иметь

$$y_{cp} = Z_{хоз} = \frac{\sum F_{1-10}}{\lambda_{10}} = \frac{\sum V_{1-10}}{A_{10}}$$

Это означает, что найденная средняя ордината y_{cp} дает величину среднего прироста запасов для данного хозяйства $Z_{хоз}$. Поэтому можно утверждать, что общий средний прирост (расчетный) равен общему запасу, разделенному на полный возраст хозяйства — на 200 лет, то есть

$$Z_{хоз} = \frac{969,1}{200} = 4,85 \text{ млн. м}^3,$$

вместо вычисленных по формуле (2) 8,27 млн. м³.

Следует отметить, что рис. 1 является лишь наглядным изображением ошибочности формулы (2), но не характеризует действительной картины изменения величин.

При правильном определении общий средний прирост запасов древесины в лесах СССР будет в несколько раз меньше, чем указывается в настоящее время в различных источниках. Правильное вычисление поможет нам изжить бытующее до сих пор ошибочное и вредное представление о неисчерпаемости и неистожимости лесных массивов и поможет бороться с неправильным использованием лесных ресурсов и заготовленной древесины.

В заключение скажем, что правильное определение величины общего среднего прироста и средних периодических приростов запасов древесины для лесных массивов лесхозов, областей, экономических районов и в целом по Советскому Союзу имеет огромное значение наряду со знанием текущего годовичного прироста, в деле оценки правильного использования лесных площадей и изменения их эффективной продуктивности по стволковой древесине.

Поступила в редакцию
26 августа 1963 г.

РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ КРЫЛАТОК ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО, ОБРАБОТАННЫХ ГАММА-ЛУЧАМИ

П. В. САПАНКЕВИЧ

Доцент, доктор биологических наук

(Брянский технологический институт)

В последнее время Н. В. Тимофеев-Ресовский [5], Н. В. Куликов [2], Н. В. Лучкин [3] и другие показали полную достоверность положительного действия малых доз радиации на рост и развитие многих культурных растений.

Исследования С. И. Янушкевича [6] и И. М. Васильева [1] доказали изменчивость растений, возникшую в связи с влиянием ионизирующих излучений на сухие и наклюнувшиеся семена ячменя и пшеницы.

Наше исследование посвящено изучению действия облучения наклюнувшихся крылаток ясеня обыкновенного сравнительно небольшими дозами гамма-лучей радиоактивного кобальта. Это исследование имеет целью, с одной стороны, выяснить стимулирующие дозы, с другой, проследить изменения роста сеянцев, вызванные гамма-лучами*.

Для выполнения отмеченной работы весной 1956 г. было отобрано шесть тысяч одинаковых проростков ясеня обыкновенного, прошедших стратификацию. Каждую тысячу проростков помещали в сырой мох и затем в пакет из фильтровальной бумаги. Пять пакетов опускали через специальное отверстие в подвал, где хранился радиоактивный кобальт, а один (контрольный) — в подвал без кобальта. Через 1, 2, 3, 24 и 48 час вынимали по одному пакету, и крылатки высевали на хорошо подготовленную грядку, рядом с контролем. Расстояние в рядке — 3 см, между рядками — 15 см.

На опытном посеве проводили учет всходов, появившихся в течение первого года. Каждую осень учитывали сеянцы, уходящие в зиму, а в 1958 и 1961 гг. измерили высоты и диаметры каждого растения.

Для последующего наблюдения весной 1962 г. сеянцы были перенесены на постоянное место, в Карачижско-Крыловское лесничество учебно-опытного лесхоза Брянского технологического института.

Наблюдения показали, что наиболее дружные всходы ясеня обыкновенного появились в вариантах с облучением гамма-лучами (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что через 20 дней после посева число растений во всех вариантах опыта было более или менее одинаково. Посевы облученных вариантов выглядели значительно лучше, они имели крупные листья более темной окраски. Подсчет растений осенью 1956 г. показал уже значительную разницу в числе сохранившихся растений в

* Автор приносит искреннюю благодарность В. А. Богомазу за проведенное облучение проростков ясеня обыкновенного.

Таблица 1

Варианты опыта	Срок посева	Количество всходов, шт.		
		20 мая	15 июля	10 октября
Контроль	28 апреля	818	841	562
Облучение 1 час	" "	934	832	546
" 2 "	" "	931	836	580
" 3 "	" "	956	852	634
" 24 "	29 "	943	894	721
" 48 "	30 "	942	862	650

разных вариантах опыта. Выпадение растений происходило и в последующие годы, как это показывают данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Варианты опыта	Количество сохранившихся (числитель) и выпавших (знаменатель) сеянцев (%) по годам					Общее количество выпавших сеянцев, %
	1956	1957	1958	1959	1961	
Контроль	$\frac{56}{44}$	$\frac{48}{14}$	$\frac{30}{37}$	$\frac{24}{20}$	$\frac{16}{33}$	84
	$\frac{54}{46}$	$\frac{42}{22}$	$\frac{28}{33}$	$\frac{22}{21}$	$\frac{20}{9}$	
Облучение 1 час	$\frac{58}{42}$	$\frac{40}{31}$	$\frac{28}{30}$	$\frac{18}{36}$	$\frac{10}{44}$	90
	$\frac{63}{37}$	$\frac{44}{30}$	$\frac{29}{34}$	$\frac{21}{28}$	$\frac{11}{48}$	
" 24 "	$\frac{72}{28}$	$\frac{68}{6}$	$\frac{55}{19}$	$\frac{32}{42}$	$\frac{13}{59}$	87
	$\frac{65}{55}$	$\frac{52}{20}$	$\frac{34}{35}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{14}{39}$	
" 48 "	$\frac{65}{55}$	$\frac{52}{20}$	$\frac{34}{35}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{14}{39}$	86
	$\frac{65}{55}$	$\frac{52}{20}$	$\frac{34}{35}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{14}{39}$	

Из данных табл. 2 видно, что сеянцы выпадают ежегодно, особенно в первый год.

Внешний вид посева с каждым годом становился все более пестрым. Средняя высота всех облученных сеянцев вначале была небольшая, а затем, на шестом году жизни, в значительной мере превысила контроль. Данные измерения в 1958 г. высот трехлетних сеянцев приведены в табл. 3.

Таблица 3

Варианты опыта	Высота сеянцев, см		
	средняя	максимальная	минимальная
Контроль	32	112	7
Облучение 1 час	39	118	11
" 2 "	38	79	11
" 3 "	30	125	7
" 24 "	45	102	11
" 48 "	54	120	16

Более наглядное представление о действии облучения на изменения растений дает график. На рис. 1 показано распределение трехлетних

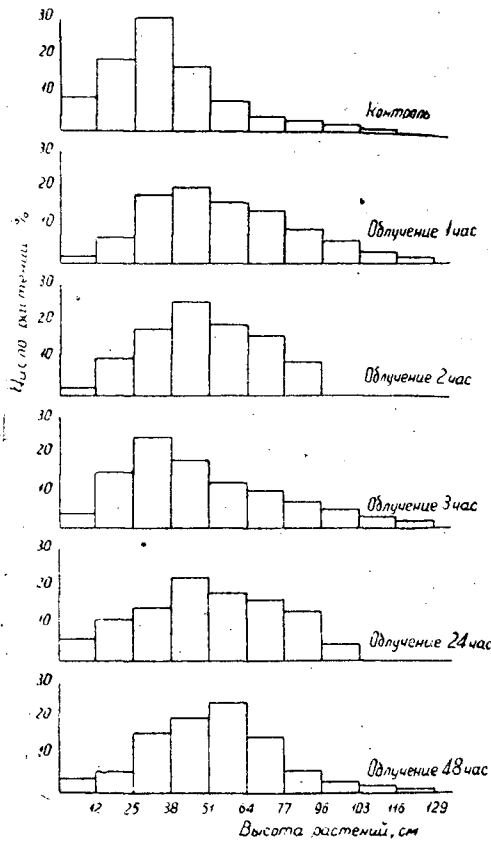


Рис. 1.

как у контрольных, так и у облученных растений, что указывает на нормальное развитие семян, на пропорциональный рост их в высоту и по

сеянцев ясеня обыкновенного. Из данных табл. 3 и рис. 1 видно, что в контроле около 90% всех растений имели высоту от 11 до 55 см, тогда как во всех вариантах с облучением максимум падает на сеянцы высотой от 12 до 76 см. Кроме того, данные табл. 3 показывают, что средняя высота контрольных растений в основном ниже, чем в остальных вариантах. Хотя посадочный материал в контроле и более однородный, но по размерам и особенно по развитию сеянцы в контроле хуже, чем в остальных вариантах. Несмотря на то, что в вариантах с облучением проростки при отборе казались совершенно однородными, выросшие из них растения оказались разными по высоте и развитию. Это наглядно показывают измерения шестилетних сеянцев, проведенные в 1961 г. (табл. 4).

Данные табл. 4 показывают, что наиболее эффективным оказалось облучение в течение 3—24 час. Более продолжительное облучение начинает отрицательно влиять на рост растений и высоту и по диаметру. Диаметр и высота сеянцев коррелятивно связаны

Таблица 4

Варианты опыта	Высота сеянцев, см			Диаметр сеянцев, см		
	средняя	максимальная	минимальная	средний	максимальный	минимальный
Контроль	59	100	17	0,7	1,1	0,3
Облучение 1 час	150	193	95	1,2	2,7	0,8
" 2 "	160	208	72	1,2	2,2	0,6
" 3 "	192	285	90	1,7	3,2	0,8
" 24 "	163	255	112	1,5	4,3	0,3
" 48 "	158	128	91	1,4	2,1	0,8

диаметру. Из данных табл. 3 и 4 видно, что во всех вариантах с облучением наблюдается более широкая изменчивость растений по сравнению с контролем (табл. 5).

Данные табл. 5 показывают, что возможность отбора по высоте гораздо больше среди облученных сеянцев. Если число растений, отобранных в контроле, принять за 100%, то для облученных сеянцев эта величина составит 224, 261, 298, 290 и 200%.

Таблица 5

Варианты опыта	Количество сеянцев, шт.	
	общее	выше среднего в контроле
Контроль	160	21
Облучение 1 час	200	47
" 2 "	100	55
" 3 "	110	63
" 24 "	130	61
" 48 "	140	42

Таким образом, можно получить возможность отбора сеянцев в более раннем возрасте среди растений, выросших из облученных семян. Широкая индивидуальная изменчивость ясеня обыкновенного объясняется, с одной стороны, внутренней неоднородностью семенного материала, а с другой, — облучением проростков.

В другом нашем опыте было замечено, что наибольшая изменчивость растений наблюдалась в том случае, когда облучали семена, собранные во второй фазе созревания плодов. При одинаковой дозе облучения семена, собранные в первой фазе созревания, дали растения сильно угнетенные, а в третьей — относительно мало измененные. В связи с этим для получения большого количества измененных растений необходимо использовать семена второй фазы созревания плодов. Фазы созревания плодов нами описаны ранее [4].

Наш опыт будет продолжен на материале, пересаженном на постоянное место. В последующие годы мы будем изучать ход роста растений, плодоношение и особенности потомства.

По тем небольшим материалам, которыми мы располагаем, можно считать, что облучение одновременно стимулирует рост и вызывает изменения. Как стимулирующее облучение следует применять к проросткам, полученным от крылаток, собранных в третьей фазе периода созревания плодов, в течение не менее трех и не более двадцати четырех часов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Васильев. Действие ионизирующих излучений на растения. Журн. «Агробиология» № 2, 1961. [2]. Н. В. Куликов. Повышение урожайности некоторых овощных культур с помощью слабых доз ионизирующих излучений. Бюллетень Уральского отделения МОИП, вып. 1, 1958. [3]. Н. В. Лучкин. Цитологический анализ действия слабых и сильных доз ионизирующих излучений на растения. Тезисы Всесоюзной конференции медицинской радиологии, МедГИЗ, 1956. [4]. П. В. Сапанкевич. Спелость плодов и продолжительность покоя семян. Труды Брянского технологического института, т. 9, 1960. [5]. Н. В. Тимофеев-Ресовский. Биофизическая интерпретация явлений радиостимуляции растений. Журн. «Биофизика» № 1, 1956. [6]. С. И. Янушкевич. Устойчивость семян ячменя и пшеницы к альфа-лучам в зависимости от условий выращивания до облучения. Журн. «Агробиология» № 1, 1961.

Поступила в редакцию
6 мая 1963 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА И ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА
ПО ЗАПАСУ ОДНОВОЗРАСТНОГО ЕЛОВОГО ДРЕВОСТОЯ**

М. Л. ДВОРЕЦКИЙ

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук
(Поволжский лесотехнический институт)

*Об особенностях изменчивости объемов
и текущего прироста стволов еловых древостоев*

Вопрос об определении текущего прироста сосны по запасу разрешен достаточно основательно. В литературе отмечается, что использование одинакового количества модельных деревьев дает худшие результаты для ели, чем для сосны. Предполагается, что биологические особенности ели обусловили иную, более высокую колеблемость (изменчивость) размеров деревьев, образующих древостой, в том числе и повышенную изменчивость объемов и текущих приростов как линейного, так и объемного.

В целях уточнения вопроса об учете запаса и текущего прироста по запасу елового древостоя были использованы данные сплошной рубки и подервного секционного (по двухметровым отрезкам) обмера деревьев на пробных площадях, заложенных в трех еловых одновозрастных 60—63-летних насаждениях Марийской АССР, II класса бонитета при полноте 0,8—0,9, древостой разной густоты, тип леса — ельник-черничник.

Таксационная характеристика древостоев пробных площадей приведена в табл. 1. Суммы площадей сечения, запасы и приросты по запасу древостоя в таблице показаны в пересчете на 1 га.

Таблица 1

№ проб	Средний возраст <i>a</i>	Средние							Сумма площадей сечений, м ²	Запас древостоя, м ³		Текущий прирост за 10 лет, м ³	Число стволов на проб. шт.
		<i>d</i> , см	<i>h</i> , м	<i>z_d</i> , см	<i>z_{h,m}</i>	<i>p_d</i>	<i>p_v</i>	<i>C₂</i>		в коре	без коры		
VIII	60	22,4	19,4	2,4	2,8	1,26	3,80	1,36	25,48	237,4	217,6	69,36	162
XI	60	22,5	19,4	1,9	2,3	1,05	3,02	1,29	30,36	284,8	269,0	69,64	192
IX	63	19,6	18,3	1,3	1,0	1,75	2,43	1,10	30,64	273,0	246,4	53,80	254

* *C₂* — коэффициент линейного прироста, получаемый делением прироста по диаметру на середине бывшей высоты на прирост на высоте груди.

Для древостоев всех трех пробных площадей были вычислены значения коэффициентов изменчивости основных показателей стволов древостоя и коэффициентов корреляции. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Таксационные показатели	Коэффициенты изменчивости (%) для стволов проб			Таксационные показатели	Коэффициенты корреляции на пробах		
	VIII	XI	IX		VIII	XI	IX
<i>a</i>	12,1	13,2	12,9	<i>d</i> и <i>a</i>	0,49	0,40	0,55
<i>d</i>	20,6	29,0	35,0	<i>d</i> и <i>h</i>	0,95	0,76	0,91
<i>h</i>	16,2	15,6	20,0	<i>g</i> и <i>v</i>	0,95	0,87	0,98
<i>g</i>	54,0	66,0	67,0	<i>g</i> и <i>z_v</i>	0,83	0,78	0,81
<i>v</i>	60,0	75,0	80,0	<i>d</i> и <i>z_d</i>	0,62	0,50	0,61
<i>z_v</i>	79,0	74,0	83,0	<i>d</i> и <i>z_h</i>	0,26	0,26	0,41
<i>z_d</i>	44,0	62,0	57,0	<i>z_d</i> и <i>z_h</i>	0,32	0,52	0,89
<i>z_h</i>	34,0	53,0	38,0	<i>p_d</i> и <i>p_v</i>	0,85	0,85	0,89
<i>p_d</i>	39,0	52,0	44,0	<i>C₂</i> и <i>e</i> *	0,73	0,85	0,91
<i>p_v</i>	31,0	43,0	40,0	<i>d</i> и <i>q₂</i>	-0,23	-0,09	-0,21
<i>q₂</i>	9,3	8,2	9,7	<i>h</i> и <i>q₂</i>	-0,15	-0,03	-0,16

* *e* — коэффициент процента прироста, равный $p_v : p_d$.

Коэффициенты изменчивости в еловых древостоях оказались заметно выше, чем в сосновых того же возраста. Теснота связи между разными таксационными показателями характеризуется значениями коэффициента корреляции r , близкими к тем, какие отмечены для сосновых древостоев*.

Распределение деревьев по относительным ступеням как среднего объема, так и средней величины текущего прироста по объему стволов, характеризуется довольно плоской кривой линией, сильно скошенной влево, с далеко растянутой правой ветвью. В левой половине кривой, в ступенях ниже 1,0, сосредоточено в общем 60% числа всех стволов.

Подсчеты показали, что в пяти четырехсантиметровых центральных ступенях толщины сосредоточено 87—92% запаса древесины и 86—90% величины текущего прироста по запасу. Таким образом, видно, что эти величины близки.

Об определении запаса елового древостоя

Таблицы объемов стволов ели составлены для $q_2 = 0,70$; средняя же величина этого коэффициента стволов оказалась равной 0,68 на пробной площади VIII и 0,67 на пробах IX и XI, то есть ниже табличного соответственно на 2,86 и 4,30%. Так как расхождение в значениях коэффициента формы на 1% вызывает различие в объемах в среднем на 1,2%, то можно считать, что для еловых древостоев указанных пробных площадей запас древостоев, вычисленный по таблицам объемов стволов, окажется преувеличенным соответственно на 3,4 и 5,2%.

В древостоях всех трех пробных площадей выявлено почти полное равенство средних высот ступеней толщины и систематическое уменьшение разряда высот от тонкомерных ступеней к более толстомерным. Средний разряд трех ступеней толщины, начиная с центральной и выше, для всех древостоев оказался одинаковым — IV. Запасы всех трех древостоев, вычисленные по таблицам, отклонялись от действительных их значений в пределах ± 2 —3%.

Был испытан способ с рубкой средних модельных деревьев из семи центральных ступеней толщины — по 1 и по 2 модели (по 20 вариантов). Получились следующие показатели точности результатов.

* М. Л. Дворецкий. Изменчивость и взаимосвязь таксационных стволов древостоя. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 52, 1957.

1. При рубке 7 средних модельных деревьев средняя квадратическая ошибка составила: общая $\pm 4,85$, случайная $\pm 4,2\%$. Ошибки для отдельных случаев определения запаса практически колебались от $+9,4$ до $-5,2\%$. Систематическая ошибка способа оказалась равной $+2,5\%$, как и по таблицам объемов стволов.

2. При рубке 14 средних модельных деревьев средняя квадратическая ошибка составила: общая $\pm 2,0$, случайная $\pm 1,8\%$. Ошибки в отдельных случаях колебались от $+4,3$ до $-4,1\%$ при систематической, равной $+0,8\%$.

Вероятная точность p определения запаса древостоя по учетным деревьям в зависимости от количества n последних была вычислена по формуле

$$p = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - r^2},$$

где C_v — коэффициент изменчивости объемов стволов древостоя;

r — коэффициент корреляции между площадями сечений на высоте груди и объемами стволов древостоя.

Для шестидесятилетних ельников в среднем можно принять $C_v = 75\%$ и $r = 0,95$.

Оказалось, что вероятная ошибка p следующим образом зависит от количества n учетных деревьев, механически отбираемых для рубки и обмера:

n	10	15	20	25	30	40	50	60	100
$p \pm$	7,4	6,1	5,2	4,8	4,3	3,7	3,3	3,0	2,3%

Значит, для получения результата с вероятной ошибкой $\pm 5\%$ нужно срубить не менее 20 учетных деревьев; при этом в отдельных случаях практически возможны ошибки до $\pm 10\%$. Не хуже этого получают результаты и при рубке 7 моделей.

Определение текущего прироста по запасу наличного древостоя

Определение текущего периодического прироста (за 10 лет) с рубкой деревьев производили в двух вариантах: а) в качестве моделей отбирали средние деревья в семи центральных ступенях толщины — по одному и по два от каждой (по 20 повторностей); б) деревья, отбираемые механически из всего древостоя в заданном количестве. Получились следующие результаты.

1) При отборе 7 средних деревьев средняя квадратическая ошибка составила: общая $\pm 10,5$, а случайная $\pm 10,1\%$ при систематической $+1,6\%$. В отдельных случаях ошибки колебались от $+19,2$ до $-14,5\%$.

2) При отборе 14 средних моделей средняя квадратическая ошибка равна: общая $\pm 7,2$, а случайная $\pm 6,5\%$ при систематической $+1,0\%$. Отдельные ошибки колебались от $+15,30$ до $-5,0\%$.

Очевидно, что для получения средней квадратической ошибки $p = \pm 5\%$, а для отдельных случаев $\pm 10\%$ необходимо брать не менее 21—25 средних модельных деревьев.

При отборе учетных деревьев вероятные ошибки p в зависимости от количества n срубленных деревьев определяют по формуле

$$p = \frac{C_{z_v}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - r^2},$$

где C_{z_v} — коэффициент изменчивости значений текущего прироста по объему стволов z_v в древостое;

r — коэффициент корреляции между площадями сечения g и приростами по объему стволов в древостое z_v .

Для изучаемых ельников принято в среднем $C_{zv} = 80\%$, а $r = 0,81$.

В результате получились такие значения вероятных ошибок p в зависимости от количества учетных деревьев n , механически отбираемых из стволов всего древостоя:

n	10	15	20	25	30	40	50	60	100
p	14,2	11,6	10,0	9,0	8,2	7,1	6,4	5,7	4,5

Из приведенных данных следует, что для получения вероятной ошибки в пределах $\pm 10\%$ нужно срубить 20 учетных деревьев, но при этом возможны случаи с ошибкой до $\pm 20\%$. Для получения же вероятной ошибки в пределах $\pm 5\%$, а практической предельной в пределах $\pm 10\%$ необходимо использовать 90 учетных деревьев, что практически невыполнимо.

Из всего предыдущего следует, что текущий прирост по запасу елового древостоя следует определять с рубкой средних модельных деревьев в количестве не менее 15—20 шт. От использования учетных деревьев следует воздержаться. Запас же древостоя можно находить по таблицам объемов стволов.

Поступила в редакцию
29 октября 1963 г.

О ШАБЛОННЫХ СПОСОБАХ УХОДА ЗА ЛЕСОМ

Н. Е. ДЕКАТОВ

Профессор

(Ленинградский НИИ лесного хозяйства)

Рубки ухода почти совершенно не механизированы и поэтому весьма трудоемки. Выполнение заданий по уходу за лесом связано с большими затруднениями для лесхозов и леспромхозов, особенно по уходу за молодняками, на долю которых падает большая часть заданий.

В связи с этим возникли предложения, упрощающие и облегчающие выполнение заданий: способы трафаретного частичного ухода (коридорный, шахматный и др.) и химические. Они вошли в официальные руководства и широко пропагандируются. Их рекомендуют применять в смешанных молодняках, где главные породы заглушаются второстепенными.

Авторы частичных способов ухода рекомендуют применять их в тех случаях, когда количество экземпляров главных пород в смешанных молодняках много больше достаточного и составляет десятки тысяч на 1 га, при равномерном распределении их по площади. Тогда нет необходимости осветлять все имеющиеся деревца главных пород, достаточно освободить от заглушения на 1 га 5—10 тыс. равномерно расположенных экземпляров. В этом случае частичные способы ухода оказываются оправданными.

В свое время довольно широко применяли коридорный способ ухода за дубом. Он был неразрывно связан с культурами дуба в коридорах, а поэтому хорошо обоснован. При рекомендуемом современными руководствами коридорном способе ухода за молодняками не требуется технического надзора за рабочими в процессе работ. При обычном недостатке рабочих и технического персонала в лесхозах и леспромхозах такое облегчение выполнения задания невольно подкупает местных специалистов. Они становятся горячими сторонниками коридорного способа и начинают применять его не только при уходе за культурами, но и в молодняках естественного происхождения, независимо от количества экземпляров главных пород и их распределения по площади. Коридорный способ находит защитников и даже апологетов и в среде научных работников. А поэтому он имеет все предпосылки для широкого применения в практике лесного хозяйства.

В течение ряда лет этот способ применяли и в Сиверском опытном лесхозе ЛенНИИЛХ, в елово-лиственных молодняках естественного происхождения. Изучение результатов его применения (Ф. И. Акакиев) показало, что в молодняках естественного происхождения в связи с неравномерностью распределения по площади главных пород в большин-

стве случаев много деревьев второстепенных пород (часто 50—70%) вырубает напрасно, в местах, где нет заглушения. Освобожденные от древесной растительности части коридоров на высокопроизводительных почвах быстро зарастают сорняками, а крайние деревья в межкоридорных пространствах разрастаются в сучья. Находящиеся под ними деревья главных пород немного увеличивают прирост, но не выбиваются из заглушения. Если же, как предлагают некоторые из сторонников этого способа, в коридорах рубить не все деревья второстепенных пород, а лишь заглушающие главные, то прокладка коридоров утрачивает свой смысл.

Сказанное относится и к другим способам частичного ухода (шахматный и пр.) с трафаретным, заранее заданным размещением осветляемых мест, в случае применения их в молодняках естественного происхождения.

Недостатком трафаретных частичных способов является и то, что большая часть молодняка (от 50 до 80%, а иногда и более) остается без ухода. Говорят, что в этой части (межкоридорные полосы и др.) уход может быть проведен в последующие годы. Но тогда зачем же коридоры, шахматные клетки и пр.? Зачем на живую природу с ее разнообразием накладывать эти трафареты? Применение таких способов позволяет зачислить в выполнение задания не только ту площадь, на которой был действительно проведен уход (коридоры), а весь участок. Поэтому применение коридорного способа ухода в молодняках естественного происхождения лучше совсем запретить, чтобы не давать повода для использования его в других случаях, в широком обиходе в целях формального выполнения заданий.

Руководящие специалисты лесного хозяйства возлагают большие надежды на авиахимический способ ухода за смешанными хвойно-лиственными молодняками. В ближайшие годы около половины работ по уходу за молодняками планируют выполнить этим способом.

Первый опыт применения авиахимического способа ухода был проведен нами с сотрудниками и аспирантами отдела лесоводства ЦНИИЛХ десять лет назад в Гатчинском лесхозе на площади 12 га, в молодняке, где ель была заглушена серой ольхой с примесью березы. Опыт оказался удачным. Вслед за этим аналогичные работы были успешно проведены в Сиверском опытном лесхозе. В этих опытах применяли препарат натриевой соли 2,4-Д (дихлорфеноксиуксусной кислоты). За последние годы установлено, что при помощи обработки эфирами 2,4-Д и 2,4,5-Т (трихлорфеноксиуксусной кислоты) можно заморить не только ольху и березу, но и осину, не повреждая заглушенных ими ели и сосны, если обработку молодняков производить в первые 2—3 недели после окончания роста в длину побегов и заложения верхушечных почек у хвойных пород. При учете оказалось, что в результате опрыскивания с самолета усыхают по преимуществу наиболее крупные лиственные деревья, то есть как раз те, которые нужно удалять в первую очередь.

Однако при углубленном изучении этого вопроса выводы о широком применении авиахимического способа оказались поспешными и неоправданными. При кажущейся на первый взгляд большой перспективности этот метод имеет много недостатков и ограничений. Применение самолетов для химической обработки молодняков целесообразно только на довольно крупных участках, имеющих гон (длинную сторону) не менее полукилометра. Но на крупных участках в молодняках естественного происхождения распределение хвойных пород среди второстепенных лиственных обычно не равномерно. В тех частях участков, где нет хвойных, лиственные породы губят напрасно. На почвах выше средней про-

изводительности эти места зарастают бурьяном, а на слабодренированных заболачиваются. Таким образом в молодняках создаются прогалины, лишенные не только хвойных, но и лиственных пород. Многие деревья лиственных пород, сохранившие в какой-либо мере жизнедеятельность, остаются в искаленном состоянии. Происходят большие потери прироста лиственной части молодняка. Сильно развиваются грибные заболевания. В большинстве случаев все отмершие и отмирающие деревья лиственных пород поражаются оленком и другими грибами.

Неподходящими для применения авиахимического метода ухода оказываются молодняки, возникшие на концентрированных вырубках в лесах III группы, где использование этого способа, казалось бы, должно иметь особенно большое значение. Изучение процессов естественного возобновления леса на концентрированных вырубках, проведенное отделом лесоводства ЛенНИИЛХ (Ф. И. Акакиев, С. Н. Сеннов и др.) в ряде областей европейской части СССР (Архангельской, Вологодской, Кировской, Горьковской), показало, что в молодняках, возникших за последнее десятилетие, в период широкого применения комплексной механизации лесозаготовок, количество экземпляров хвойных пород исчисляется обычно всего лишь десятками и сотнями на 1 га. Это объясняется тем, что в большинстве случаев при лесозаготовках подрост не сохраняли и обсеменителей не оставляли. Следовательно, широкое применение авиахимического ухода в лесах III группы исключается. Кроме того, использование для этой цели самолетов в данных условиях встречает большие препятствия. Необходимо строить взлетно-посадочные площадки, что требует больших затрат труда и средств. На концентрированных вырубках лесозаготовители обычно оставляют в виде недорубов группы и единичные малоченные деревья. Эти деревья должны быть спилены и приземлены, так как химическая обработка оказывается эффективной при опрыскивании с высоты не более 10 м, над вершинами молодняка. В случае работы самолета на большей высоте, даже при самом небольшом ветре, раствор или эмульсию относит далеко в сторону. Аналогичные препятствия встречаются и в лесах II группы.

Более перспективным, на первый взгляд, кажется использование для этих целей вертолетов. Они не требуют таких трудоемких и дорогих работ по созданию взлетно-посадочных площадок, как самолеты. Их работе меньше мешают недорубы или стены леса. Некоторые специалисты полагают, что при помощи вертолетов можно обрабатывать лишь те места, где под лиственными имеются хвойные породы. Но эти надежды напрасны. В густых молодняках заглушенные хвойные деревья сквозь полог лиственных сверху не видны.

Гораздо больше перспектив имеет использование наземной аэрозольной аппаратуры. Преимущество аэрозольного метода заключается в том, что наряду с очень экономным расходом химиката, при этом способе можно обрабатывать только те части молодняков, где есть заглушенные хвойные породы, не уничтожая и не калеча при этом напрасно лиственных пород там, где нет хвойных. Правда, желаемой локализации действия химиката практически не получается, так как выходящее из генератора облако тонкого туманообразного распыленного химиката относится на десятки и даже сотни метров при самом небольшом движении воздуха, но по сравнению с авиахимическим аэрозольный способ значительно меньше портит лиственную часть молодняков. Однако значение авиахимического способа ухода настолько переоценивают, что до сих пор не позаботились о создании для ухода за молодняками специальной аэрозольной аппаратуры, хотя в зарубежных странах такая аппаратура имеется. Выпускаемые отечественной промышленностью

аэрозольные генераторы предназначены для иных целей, рассчитаны на большой расход химиката и для химического ухода за молодняками не подходят.

Применение химических способов ухода при помощи испытанных и рекомендуемых для этих целей препаратов 2,4-Д и 2,4,5-Т сильно ограничивается коротким сроком (две—три недели) их целесообразного использования (примерно вторая половина июля и начало августа) и метеорологическими условиями, еще более сокращающими этот срок.

Как видно из изложенного, химические способы ухода за молодняками не могут иметь столь большого целесообразного применения, какое им предназначается пропагандой и даже планированием.

Применение химических средств имеет весьма большие перспективы в борьбе с сорной травяной и нежелательной древесно-кустарниковой растительностью при подготовке площадей под культуры. Это сильно упрощает производство культур и может избавить от трудоемкого ухода за ними. Метод разработан и проверен. Необходимые химикаты уже начали выпускать. Но до сих пор еще нет аппаратуры для их применения.

Общим недостатком как химических, так и трафаретных частичных способов ухода за молодняками является то, что деревья второстепенных пород уничтожают всюду одинаково, грубо, подряд, без соответствующего отбора. А ведь уход за лесом — это искусство, требующее дифференцированного подхода к каждому древостою, в зависимости от его особенностей, а в пределах его — к каждой части (био группе и отдельному экземпляру).

Прогресс по уходу за лесом должен быть достигнут не путем широкого применения шаблонных способов, а разумными, вдумчивыми планированием, организацией и выполнением работ с комплексной их механизацией. Необходимо срочно создать легкие бензомоторные пилы и малогабаритные тракторы (лучше колесные). Для механизации работ по рубкам ухода необходимо уже в молодняках прокладывать примерно через каждые 30 м волокни шириной по 3 м, которые должны оставаться на протяжении всей жизни древостоя до главной рубки и использоваться для прохода машин. Изучение показало, что прокладка волокон не будет потерей площади, так как их целиком используют как корни, так и кроны деревьев. Расположение их должно быть хорошо продумано и увязано с рельефом местности, направлением вывозки древесины и другими особенностями каждого квартала. Как правило, сеть волоков в кварталах нужно намечать при лесоустройстве. Для лучшего использования дорог рубки ухода по своей очередности необходимо приурочивать по месту и времени к тем кварталам, где проводят рубки главного пользования.

Поступила в редакцию
25 марта 1963 г.

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Ю. И. СТАХЕЕВ

Инженер

(Сибирский технологический институт)

Исследование силы сопротивления лесных пахотных агрегатов и характера ее изменения в зависимости от условий передвижения, свойств почвы и конструкции плуга вытекает из необходимости рационального использования механической энергии.

Сила сопротивления при работе агрегата непрерывно изменяется. Это изменение характеризуется величиной и продолжительностью отклонения по времени. Условия работы агрегата (лесорастительные условия участка) характеризуются следующими факторами: рельеф, микро-рельеф, механический состав почвы, плотность почвы, влажность почвы, растительный покров, тип бывшего древостоя, давность вырубki, количество пней и их характеристика, наличие естественного возобновления.

Динамометрирование агрегата проводят на достаточном для характеристики сопротивления движения гоне. С этой целью в первую очередь решают вопрос о квантовании по времени. На основании данных В. Н. Болтинского [1] и исследований с трелевочными тракторами, проведенных К. В. Васильевым [2] на кафедре тяговых машин ЛТА, известно, что изменения нагрузки с частотой 1 гц и больше, как правило, являются периодическими и не вызывают существенных изменений в работе двигателя. Из этих соображений величину квантования по времени принимают равной 0,5 сек, считая ее достаточной для характеристики изменения сил сопротивления по частоте.

При неизвестном коэффициенте вариации в распределении сил сопротивления количество необходимых замеров (для принятой вероятности и точности) находят по таблице больших чисел [4].

Необходимую длину мерного гона вычисляют по выражению

$$S = v \cdot t \cdot n,$$

где v — скорость движения агрегата;

t — время квантования;

n — количество измерений.

Подбор аппаратуры

Факторы, влияющие на работу агрегата, вызывают изменение сил сопротивления плуга и сил сопротивления на самопередвижение агрегата. В одних случаях эти силы будут складываться, в других — вычитаться и т. д.

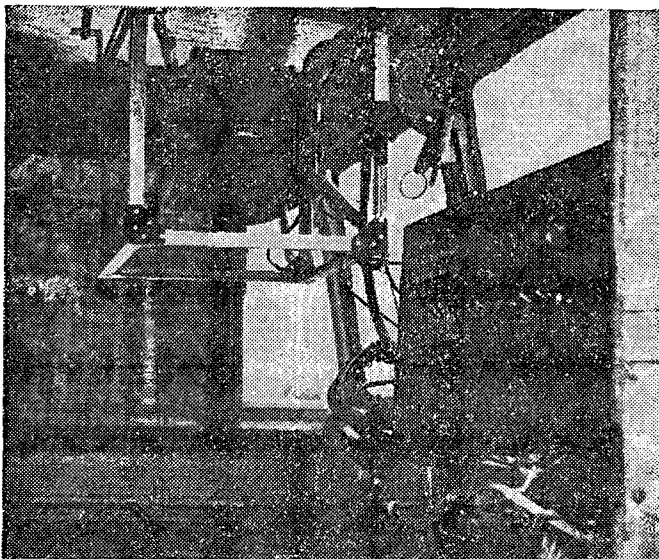


Рис. 1. Измерительная аппаратура в кабине трактора.

Следовательно, по характеру изменения сил сопротивления плуга нельзя в полной мере судить о характере изменения сил сопротивления агрегата в целом и реакции двигателя на эти изменения. Следует иметь в виду известную сложность приборов и аппаратуры при динамометрировании навесных плугов, а также учитывать, что при замедленном или ускоренном движении агрегата, что неизбежно при работе в лесных условиях, запись крутящего момента будет искажаться накладыванием инерционных сил масс плуга на истинные величины силы сопротивления плуга.

Указанные обстоятельства говорят о том, что для определения характера загрузки двигателя, а следовательно и расхода механической энергии при работе лесопашотного агрегата, динамометрирование плуга недостаточно.

В 1962 г. в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА были проведены сравнительные испытания лесных навесных плугов ПЛН-53/63; ПЛН-106/126; ПЛН-70, а также плуга ПЛН-53/63 с экспериментальными отвалами, агрегируемых с трактором Т-47. При этом был применен время-импульсный метод замера крутящего момента, разработанный К. В. Васильевым. Коллекторные датчики для замера момента сопротивления были установлены на карданном валу трактора, а запись производили с помощью осциллографа К-4, находящегося в кабине трактора (рис. 1). Схема связи была смонтирована на пульте управления, который также устанавливали в кабине трактора. Обороты замеряли с помощью тоходинамо с линейной характеристикой.

При графической регистрации крутящего момента машины обработка результатов методом вариационной статистики требует большой затраты ручного труда и времени. Для автоматизации этой работы в НАМИ создан прибор РМ-1 [3].

Применяющиеся в приборе РМ-1 дорогостоящие и сложные элементы схемы, недостаточность уровней ($n = 12$) и большая потребляемая мощность ограничивают возможности его применения во многих случаях, в частности, при испытании трелевочных тракторов.

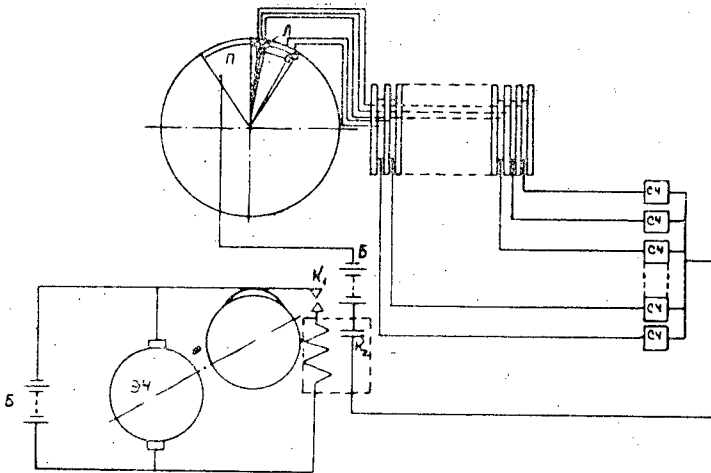


Рис. 2. Электрическая схема прибора.

ЭЧ — электрочасы; K_1 — контакты часов; K_2 — контакты реле;
 П — пластина токосъемника; Л — ламель датчика;
 Т — токосъемник; Сч — счетчик; Б — аккумуляторная батарея.

На кафедре тяговых машин (заявка на изобретение сделана К. В. Васильевым, Ю. И. Стахеевым, Г. М. Анисимовым) автором создан прибор для исследования крутящего момента методом вариационной статистики. Датчик прибора также устанавливали на карданном валу трактора.

При испытании непосредственно в производственных условиях прибор позволяет получить вариационные ряды крутящего момента и отличается использованием контактного датчика с кольцевым коллектором и дополнительным квантованием крутящего момента по времени, согласно электрической схеме (рис. 2) и данным, приведенным в описании прибора. Регистрирующая часть представляет собой блок электро-механических счетчиков.

Описание прибора

Датчик показан на рис. 3. Крутящий момент передается через гибкий элемент 17, рассчитанный на определенный угол закручивания при максимальной нагрузке. Датчик смонтирован на втулке 2, которая закрепляется на конце трубы карданного вала 1.

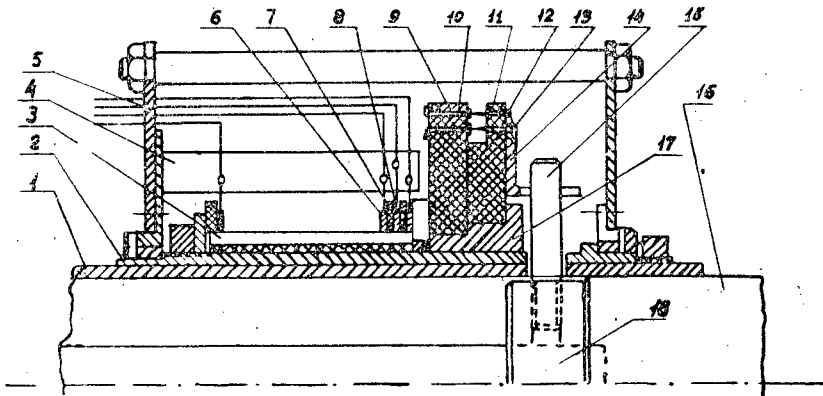


Рис. 3. Датчик.

Собственно датчик состоит из двух дисков: подвижного 11 и неподвижного 9, изоляционных деталей и токосъема. Неподвижный диск 9 жестко связан с втулкой 2. На секторе, величина которого равна максимальному углу закручивания и соответствует предельно возможной величине крутящего момента, расположены ламели 10. Диаметр каждой ламели соответствует величине выбранного разряда по углу закручивания гибкого элемента, а следовательно, и по абсолютной величине. Величину разряда принимают из соображений определенных пределов предполагаемых колебаний нагрузки. Пределы берут минимальными. Такое положение обеспечивает получение необходимого количества уровней (разрядов) при любых возможных постоянных (средних) значениях момента.

В датчике имеется 33 ламели, расположенных в два ряда. Подвижный диск 11 может свободно вращаться на втулке 17. Диск с помощью уголка с прорезью 14 и штифта 13 связан с полумуфтой карданного вала 13. На соответствующем секторе диска в два ряда расположены щетки. Для лучшего обеспечения контакта каждая щетка подпружинена отдельно.

На изоляционной втулке 3 установлены токосъемные кольца 6, изолированные друг от друга. Каждое кольцо соединено проводом с соответствующей ламелью. На концах втулки 2 установлены диски 5 на подшипниках скольжения, связанные между собой четырьмя болтами. Они образуют кожух датчика.

Во время работы (вращения вала) кожух остается неподвижным. К диску 5 крепится пластина из изоляционного материала, на которой расположены щетки. Каждая щетка соединена с соответствующим счетчиком. Счетчики расположены на щите, в кабине машины.

При изменении нагрузки, а следовательно, и угла закручивания гибкого элемента, подвижный диск 11 повернется на соответствующий угол относительно диска 10. При этом щетки, расположенные на диске 11, будут замыкаться с ламелями на диске 9.

Первая щетка и замкнутая с ней ламель определяют уровень (разряд) крутящего момента в данное мгновение.

Электрическая цепь замыкается контактами часов. При прохождении по ней тока срабатывает счетчик на соответствующем уровне. Все счетчики, включенные в ламели с меньшими значениями, также срабатывают, выдавая накопленные частоты величин крутящего момента.

Электрические импульсы (рис. 2) задаются через необходимые интервалы времени (0,5 сек) с помощью электрочасов и реле, установленных на пульте управления. Данные показаний счетчиков до и после испытания заносят в заранее заготовленную рабочую таблицу. По ним строят кривую распределения крутящего момента.

Метод определения составляющих сил тягового баланса агрегата

Тяговый баланс лесопашотного агрегата может быть представлен следующим выражением:

$$P_{\text{кас}} = P_{\text{сам}} + P_{\text{пл}}$$

где $P_{\text{кас}}$ — касательная сила тяги;
 $P_{\text{сам}}$ — сила, затрачиваемая на самопередвижение агрегата;
 $P_{\text{пл}}$ — сила суммарного сопротивления плуга.

Установление характера изменения момента сопротивления в целом пахотного агрегата (по кривым распределения) дает возможность:

1) судить о наиболее целесообразной степени загрузки двигателя по среднему значению момента сопротивления; 2) определить составляющие тягового баланса, исходя из среднего значения момента сопротивления; 3) произвести агрегатирование при известных сопротивлениях плуга.

Для выделения силы сопротивления навесного плуга из общего сопротивления агрегата использован следующий метод.

1. На трактор навешивают специальную рамку, более легкую по сравнению с плугом, для исключения влияния веса последнего. Применение рамки обеспечивает действительное, имеющееся при работе, воздействие сил сопротивления плуга на трактор.

2. К нижней части рамки на высоте половины расчетной глубины вспашки через гидравлический динамограф прикладывают сопротивление P , имитирующее суммарное сопротивление плуга $P_{пл}$.

Принимают, что $P_{пл}$ направлена горизонтально, так как в действительности она наклонена в горизонтальной оси (по данным Г. Н. Синеокова [5]) под небольшим углом наклонно сверху вниз (от $+4^{\circ}50'$ до $8^{\circ}40'$) на уплотненных почвах и снизу вверх (от $-5^{\circ}00'$ до $-7^{\circ}30'$) на несвязных.

3. Испытания проводят с одновременной записью момента сопротивления на карданном валу, что дает возможность определить среднее значение $P_{кас}$ и записью силы P гидравлическим динамографом, для различных значений P в пределах тяговых возможностей трактора.

По данным $P_{кас}$ и P строят график зависимости $P_{кас} = f(P)$, который дает возможность: 1) определить $P_{пл}$ (среднее значение) для любого (среднего) значения $P_{кас}$ и 2) определить $P_{сум}$ в зависимости от $P_{пл}$.

Описанную методику использовали при сравнительном испытании лесных навесных плугов с трактором Т-47 в различных характерных лесорастительных условиях вырубок в Лисинском лесхозе Ленинградской области.

Примененная аппаратура позволила выполнить тяговые испытания агрегата, работала устойчиво и надежно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Н. Болтинский. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. ОГИЗ, 1949. [2]. К. В. Васильев. Исследование загрузки двигателя трехлопастного трактора ТДТ-40. Кандидатская диссертация, 1963. [3]. Методы и аппаратура для экспериментального исследования автомобилей и их агрегатов. Секция приборов, НАМИ, 19 мая 1960. [4]. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. Физматгиз, 1961. [5]. Г. Н. Синеоков. Экспериментальное определение сопротивления рабочих органов плугов и культиваторов. «Почвообрабатывающие машины», сборник научно-исследовательских работ ВИСХОМ, т. 4, Машгиз, 1949.

Поступила в редакцию
17 июля 1963 г.

МОЩНОСТЬ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ БОНИТЕТА

В. В. ИЛЬИНСКИЙ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

В изучении влияния почвенных условий на производительность сосновых насаждений большую роль играет исследование мощности корнеобитаемого слоя и выяснение причин, мешающих нормальному развитию корневых систем. Работы по изучению корнеобитаемого слоя проводили в спелых и приспевающих сосновых насаждениях I—IV классов бонитета на территории Щелковского учебно-опытного лесхоза Московской области.

Под сосновыми насаждениями встречаются три типа почв: дерново-подзолистые, полуболотные и болотные. В табл. I приведены основные таксационные показатели сосняков и мощность корнеобитаемого слоя по типам почв.

Таблица I

Типы почв	Мощность корнеобитаемого слоя, см	Возраст насаждений, лет	Состав	Средняя <i>H</i> , м	Средний <i>D</i> , см	Средний запас при полноте 1,0, м ³	Средний класс бонитета	Количество пробных площадей
Дерново-подзолистый	85	90	7С2Е1Б	26,6	32,0	430	I	17
Полуболотный	45	90	7С1Е2Б	22,5	30,6	342	II, 5	11
Болотный	30	90	8С2Б	18,4	23,4	300	III, 2	9

На дерново-подзолистых почвах растут сосняки Ia—II классов бонитета с хорошо развитой корневой системой. Колебание мощности корнеобитаемого слоя в пределах 70—150 см обусловлено морфологией этих почв, в частности, мощностью горизонта *A*₁, где располагается основная масса корней. Замечено влияние мощности суглинка, подстилаемого песком, на глубину распространения корневых систем сосны. При мощности суглинка менее 100 см корни, в основном, расположены в его толще, проникая ниже его границы не более, чем на 15—20 см.

Полуболотный тип почв, представленный торфянисто-сильноподзолистыми оглеенными и торфянисто-подзолисто-глеевыми почвами, приурочен к сосновым насаждениям II—III классов бонитета. Образова-

ние длительной верховодки и повышение уровня грунтовых вод ограничивает мощность корнеобитаемого слоя. В этом типе почв большое количество корней расположено в торфе, мощность которого достигает 10—20 см. Горизонт A_2 сильно оглеен, уплотнен (объемный вес A_2 равен 1,7—1,9 $Г/см^3$), поэтому корни с трудом в нем развиваются. На полуболотных почвах мощность корнеобитаемого слоя не превышает 50 см. Нижней границей распространения корневых систем сосны является уровень верховодки, которая на этих почвах наблюдается в течение почти всего вегетационного периода.

Болотный тип почв, вследствие неблагоприятного водно-воздушного режима, наименее продуктивен для сосновых насаждений; на торфянисто- и торфяно-глеевых почвах и торфяниках растут сосняки III—IV классов бонитета.

Образование мощного слоя торфа (35—100 см) и постоянная верховодка на минеральной части почвы обуславливают поверхностное расположение корневых систем сосны. Корни развиваются только в толще торфа, в основном на глубине 10—20 см, не углубляясь, как правило, ниже 30 см. Деревья сосны приурочены к микроповышениям, где несколько лучше аэрация корнеобитаемого слоя.

Уровень грунтовых вод и длительной верховодки в значительной степени влияет на развитие корневых систем. В Московской области, где насаждения в большинстве случаев не испытывают недостатка влаги, повышение уровня грунтовых вод играет отрицательную роль, вызывая переувлажнение корнеобитаемого слоя и усиливая процесс оглеения. Если в сосновых насаждениях I класса бонитета разница между уровнем грунтовых вод и нижней границей корнеобитаемого слоя колеблется в пределах 80—200 см, то в сосняках II класса она достигает лишь 10—30 см, III класса — 4 см, а в насаждениях IV класса бонитета корни достигают уровня грунтовых вод.

Усиленный повышением грунтовых вод и образованием длительной верховодки процесс оглеения также затрудняет развитие корневых систем сосны. В корнеобитаемом слое дерново-подзолистых почв наблюдалось оглеение отдельными пятнами, в полуболотных почвах образуется сплошной глеевый горизонт, а в болотных этот процесс настолько развит, что изменяет всю морфологию почвы. Под сосновыми насаждениями I класса бонитета отдельные пятна, видимо, не влияют на развитие корневых систем. Образование длительной верховодки под насаждениями II—III классов бонитета усиливает процесс оглеения, особенно в горизонтах A_2 и B_1 (в последнем чаще всего образуется верховодка). Корневые системы сосны в этих случаях углубляются в горизонт B_1 только на 5—10 см. Под насаждениями III—IV классов бонитета глеевый процесс охватывает всю минеральную часть почвы, корневые системы развиваются над глеевым горизонтом, в основном не проникая в него.

Ухудшение водно-воздушного режима почв при образовании верховодки влечет за собой образование торфа, большая влагоемкость которого препятствует аэрации верхних горизонтов. С увеличением мощности торфа, ухудшением аэраций уменьшается корнеобитаемый слой, постепенно переходя из минеральной части почвы в торф. Под сосновыми насаждениями II класса бонитета торф занимает 30% корнеобитаемого слоя, а под сосняками IV класса 90—100% корней развивается в толще торфа.

Средние данные, показывающие связь класса бонитета сосновых насаждений с мощностью корнеобитаемого слоя и факторами, ограничивающими развитие корневых систем, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Значения показателей по классам бонитета					
	I	I-II	II	II-III	III	IV
Мощность корнеобитаемого слоя, см	85	64	44	41	33	30
Мощность торфа, см	—	—	15	20	25	47
Уровень верховодки (сентябрь), см	—	95	56	36	33	30
Уровень грунтовых вод (сентябрь), см	185	170	142	110	33	30
Верхняя граница оглеения минеральной части почвы, см	41	15	5	>1	>1	>1
Средняя влажность подстилки (сентябрь), %	65	88	—	—	—	—
Средняя влажность торфа (сентябрь), %	—	—	180	383	520	650
Средняя влажность корнеобитаемого слоя минеральной части почвы (сентябрь), %	14	18	22	26	29	40
Объемный вес минеральной части почвы корнеобитаемого слоя	1,15— 1,76	1,23— 1,74	1,57— 1,79	1,49— 1,76	1,38— 1,73	1,58— 1,75
Порозность минеральной части корнеобитаемого слоя, %	55—36	46—36	44—37	43—37	38—34	37—36
Некапиллярная влагоемкость минеральной части корнеобитаемого слоя, %	10,4— 2,7	6,5— 2,6	2,5— 1,8	2,0— 1,9	2,0— 1,6	1,9— 1,7

Повышение уровня грунтовых вод, образование длительной верховодки и усиление глеевого процесса значительно ухудшают водно-воздушный режим почв, ограничивают аэрацию корнеобитаемого слоя. В табл. 2 приведены также средние данные влажности и порозности корнеобитаемого слоя почвы под сосновыми насаждениями различных классов бонитета.

Понижение класса бонитета сосняков и мощности корнеобитаемого слоя происходит вследствие переувлажнения последнего. При близком уровне грунтовых вод аэрация почвы минимальная, так как большая часть капилляров заполнена влагой. Наличие мощного насыщенного влагой слоя торфа над минеральной частью почвы создает дополнительные трудности для аэрирования корнеобитаемого слоя.

Мощность корнеобитаемого слоя находится в прямой связи с классом бонитета. Основными факторами, снижающими как продуктивность сосновых насаждений, так и мощность корнеобитаемого слоя, являются уровень грунтовых вод и верховодки, степень оглеения и мощность торфа.

О МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАХ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

В. И. БИРЮКОВ

Аспирант

(Брянский технологический институт)

Лиственница сибирская имеет богатое разнообразие форм, разновидностей, климатических и почвенных экотипов или рас [1], [2], [3]. Однако до настоящего времени они крайне слабо изучены в биологическом и лесоводственном отношении. В данной статье описаны результаты исследований за 1961—1963 гг., проведенных в культурах Моховского опытно-показательного лесхоза в ценном лесном массиве «Шатиловский лес» с целью изучения ряда морфологических признаков и выделения по ним форм лиственницы сибирской. Признаками, по которым были выделены морфологические формы, являются строение и плотность коры.

По строению коры выделены следующие формы: 1) мелкобороздчатокорая — с корой почти гладкой, со слабо заметными трещинами, с пластинками внешней части коры, слегка отогнутыми наружу; 2) бороздчатокорая — с грубоватой корой и хорошо заметными трещинами, с пластинками внешней части коры, значительно отогнутыми наружу; 3) крупнобороздчатокорая — с более грубой корой, с глубокими трещинами, с пластинками внешней части коры, сильно отогнутыми наружу.

По плотности коры отмечены формы: 1) плотнокорая — с плотным пробковым слоем коры, не задирающимся при затесывании острым топором, срез образуется ровный, гладкий, при нажиме пальцем не продавливается; 2) рыхлокорая — при затесывании острым топором пробковый слой коры мнется, срез неровный, шершавый с подковообразными вмятинами, при нажиме пальцем пробковый слой коры заметно сжимается. Основное значение при отборе наиболее продуктивных форм придавали силе роста и качеству древесного ствола. Исследования проводили в культурах лиственницы сибирской, произрастающей в свежих дубравах Д₂, на пробных площадях, характеристика которых приведена в табл. 1. Класс бонитета во всех случаях 1б. Почва на пробных площадях № 12 и 13 — средне оподзоленный тяжелосуглинистый чернозем на лессовидном среднем суглинке, на пробной площадке № 24 — выщелоченный тяжелосуглинистый чернозем на лессовидном тяжелом суглинке.

На пробных площадях производили обмеры диаметров, общих высот и высот до живых сучьев всех деревьев. Диаметры находили на высоте 1,3 м по двум взаимно перпендикулярным направлениям при помощи мерной вилки с точностью 0,1 см. Высоты общие и до живых сучьев измеряли специально оборудованной для этого мерной вилкой с точностью 0,2—0,5 м. Точность измерения высот проверена на 196

Таблица 1

№ пробных площадей	Площадь, га	Состав насаждения	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота
12	0,800	9Л1Б	92	40,0	35,3	0,81
13	0,575	10 Л	94	37,5	36,5	0,99
24	0,293	10 Л	112	41,5	37,4	1,14

срубленных модельных деревьях. Результаты исследований изложены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование формы по строению коры	Высота до живых сучьев, м	Высота, м		Диаметр, см		Относительная высота
		М ± м	от—до	М ± м	от—до	
Пробная площадь № 12						
Мелкобороздчатокорая	14,3 ± 0,686	33,4 ± 0,543	20,5—42,8	34,8 ± 0,824	22,4—50,7	0,96
Бороздчатокорая	14,7 ± 0,529	36,0 ± 0,428	26,0—42,9	39,6 ± 0,872	23,6—61,4	0,91
Крупнобороздчатокорая	16,0 ± 0,711	37,1 ± 0,368	26,4—42,7	44,2 ± 1,000	25,3—59,8	0,84
Пробная площадь № 13						
Мелкобороздчатокорая	12,2 ± 0,470	35,6 ± 0,299	29,4—42,5	32,5 ± 0,418	23,6—45,8	1,09
Бороздчатокорая	12,1 ± 0,376	36,2 ± 0,281	28,3—44,6	37,0 ± 0,572	23,2—57,7	0,98
Крупнобороздчатокорая	12,4 ± 0,510	38,6 ± 0,304	33,5—43,9	44,3 ± 0,787	33,7—58,3	0,87
Пробная площадь № 24						
Мелкобороздчатокорая	—	34,4 ± 0,486	24,5—39,8	36,9 ± 0,794	27,6—51,0	0,93
Бороздчатокорая	—	36,6 ± 0,378	31,9—43,7	41,3 ± 0,821	26,3—59,2	0,89
Крупнобороздчатокорая	—	38,3 ± 0,312	36,0—41,3	45,7 ± 0,904	37,2—58,0	0,84

Данные табл. 2 показывают, что формы лиственницы по строению коры имеют существенные различия по диаметру на всех исследуемых площадях, по высоте — на пробной площади № 24. На пробе № 12 существенных различий по высоте не наблюдается у бороздчатокорой и крупнобороздчатокорой форм, на пробе № 13 — у мелкобороздчатокорой и бороздчатокорой. По высоте до первого живого сука у всех форм различия несущественны.

Наилучшие средние показатели роста по диаметру и высоте на всех пробных площадях имеет крупнобороздчатокорая форма лиственницы сибирской. Кроме того, эта форма образует прямые, более правильной цилиндрической формы стволы с компактной, развитой, густо охвоенной кроной из средних по толщине сучьев. У этой формы ствол лучше очищается от сучьев, почти не наблюдается кривоствольности и суховершинности.

Самые низкие показатели роста по высоте и диаметру как средние, так и наибольшие, имеет мелкобороздчатокорая форма. Стволы деревьев этой формы зачастую искривлены в одной и двух плоскостях. Крона редкая, неравномерная, очищение от сучьев замедленное. Часто наблюдается суховершинность.

Бороздчатокожая форма по показателям роста занимает среднее положение, образует стволы низкого качества, значительно искривленные, особенно в области кроны. Крона неравномерная, состоит в основном из толстых сучьев. Заметна резкая дифференциация деревьев по размерам, особенно по диаметру. Здесь можно встретить и самые мелкие и самые крупные деревья. Очищение стволов от сучьев плохое. На всех пробах обнаружено закономерное понижение относительной высоты от мелко- к крупнобороздчатокожной форме, что свидетельствует о более энергичном росте деревьев по высоте и особенно по диаметру крупнобороздчатокожной и об отставании в росте мелкобороздчатокожной формы. По данным трех пробных площадей, встречаемость в насаждениях мелкобороздчатокожной формы составляет 32,9, бороздчатокожной — 45,8, крупнобороздчатокожной — 21,3%. В табл. 3 приведены основные таксационные показатели форм лиственницы сибирской по плотности коры в Моховском опытно-показательном лесхозе.

Таблица 3

Наименование формы по плотности коры	Высота до живых сучьев, м	Высота, м		Диаметр, см		Относительная высота
		М ± м	от-до	М ± м	от-до	
Пробная площадь № 12						
Плотнокорая . . .	14,5 ± 0,370	35,0 ± 0,319	20,5—42,9	38,3 ± 0,583	22,4—61,4	0,91
Рыхлокорая . . .	15,5 ± 0,862	37,0 ± 0,462	29,9—42,7	44,1 ± 1,455	28,5—59,8	0,84
Пробная площадь № 13						
Плотнокорая . . .	12,3 ± 0,287	36,3 ± 0,209	28,3—44,6	36,2 ± 0,456	23,2—58,3	1,00
Рыхлокорая . . .	11,8 ± 0,913	37,9 ± 0,398	33,4—43,1	41,0 ± 0,901	29,4—55,1	0,92
Пробная площадь № 24						
Плотнокорая . . .	—	35,8 ± 0,308	24,5—42,1	40,0 ± 0,649	26,3—59,2	0,90
Рыхлокорая . . .	—	38,0 ± 0,440	31,9—43,7	44,0 ± 0,904	31,2—55,9	0,86

На всех исследуемых площадях плотнокорая и рыхлокорая формы имеют существенные различия в росте по высоте и диаметру. По высоте до первого живого сука существенных различий у этих форм не обнаружено. Следует заметить, что наибольшие высоты и диаметры на пробе № 12 у всех форм равны. Встречаемость в насаждениях плотнокорой формы в среднем составляет 84,4%, рыхлокорой — 15,6%.

Рыхлокорая форма лиственницы обладает наилучшими средними показателями роста по высоте и диаметру и образует наиболее прямые полнодревесные стволы с компактной кроной из средних и тонких сучьев. Очищение стволов от сучьев у этой формы хорошее, суховершинности почти нет. Плотнокорая форма имеет более низкие средние показатели роста по высоте и диаметру, образует древесные стволы худшего качества, зачастую сильно искривленные и плохо очищенные от сучьев, чаще суховершинит. Эта форма на всех пробах имеет большую среднюю относительную высоту, что свидетельствует о более низкой энергии роста деревьев ее. Плотность коры не является прямым следствием каких-либо особых, отличных условий местопроизрастания, так как деревья обеих форм растут на одних и тех же площадях, буквально рядом, в одинаковых условиях. Не является этот признак и реакцией на фито- и энтомовозбудителей, а объясняется внутренними особенностями каж-

дой формы. Связь между формами лиственницы сибирской по строению коры и по ее плотности (по данным трех пробных площадей) дана в табл. 4.

Таблица 4

Формы по плотности коры	Формы по строению коры			
	мелкобороздчатоко́рая, шт.	бороздчатоко́рая, шт.	крупнобороздчатоко́рая, шт.	итого, шт.
Плотнокорая . . .	185	228	75	488
Рыхлоко́рая . . .	5	37	48	90
Всего	190	265	123	578

Из табл. 4 видно, что между формами лиственницы сибирской есть определенная связь. Плотнокорая форма имеет в основном бороздчатое и мелкобороздчатое строение коры, а рыхлоко́рая — крупнобороздчатое и бороздчатое. Мелкобороздчатоко́рая и бороздчатоко́рая формы имеют в основном плотную кору, а крупнобороздчатоко́рая — и плотную и рыхлую. Абсолютной связи между формами по строению коры и ее плотности не установлено. Не обнаружено такой связи и между строением и плотностью коры и положением деревьев в древостое (табл. 5).

Таблица 5

Наименование форм	Распределение деревьев (%) по классам роста по Крафту (по данным пробных площадей)					
	I	II	III	IVa	IVб	итого
Мелкобороздчатоко́рая .	2	41	36	13	8	100
Бороздчатоко́рая . . .	10	53	26	7	4	100
Крупнобороздчатоко́рая	22	66	8	2	2	100
Плотнокорая	8	50	27	9	6	100
Рыхлоко́рая	19	60	17	2	2	100

Данные табл. 5 говорят о том, что формы лиственницы сибирской по строению и плотности коры представлены всеми классами роста. Однако соотношение представительства совершенно разное. Так, крупнобороздчатоко́рая и рыхлоко́рая формы представлены в основном деревьями, обладающими наилучшей энергией роста (I и II классы). Мелкобороздчатоко́рая и плотнокорая формы имеют в своем составе значительное участие деревьев, растущих менее энергично.

На основании наблюдений мы можем сделать вывод, что наибольший хозяйственный интерес из выделенных форм представляют: по строению коры — крупнобороздчатоко́рая и по плотности — рыхлоко́рая формы лиственницы сибирской. Они обладают наиболее сильным ростом по высоте и диаметру и образуют древесные стволы более высокого качества. При организации лесосеменного дела, при создании новых постоянных лесосеменных участков и отборе плюсовых деревьев этим формам должно быть уделено особое внимание.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. В. Альбенский. Селекция древесных пород и семеноводство. Гослесбумиздат, М.-Л., 1959. [2]. В. Н. Сукачев. Дендрология с основами лесной геоботаники. Гослестехиздат, Л., 1934. [3]. А. С. Яблоков. Селекция древесных пород. Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, М., 1962.

Поступила в редакцию
11 апреля 1964 г.

**ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУР ДУБА НА НЕКОТОРЫЕ
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕПНЫХ ПОЧВ**

В. А. МЕЛЬЧАНОВ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Имеющиеся литературные данные не отражают полностью изменения физических свойств степных почв под воздействием лесной растительности. Исследовательских работ проведено недостаточно. Результаты их иногда приводят к противоречивым выводам.

Объектами наших исследований были культуры дуба рядового и гнездового посева желудей в Сальском механизированном лесхозе и культуры дуба строчно-луночного и гнездового посева в Пролетарском лесхозе, Ростовской области. Культуры созданы в массивах дубрав хозяйственного значения.

В Сальском мехлесхозе гнездовые посевы проведены весной 1952 г. на площади 38 га. Размещение гнезд дуба по схеме 3 × 5 м, сопутствующих пород не было, кустарники (клен татарский, скумпия) ввели в пятиметровые междурядия весной 1957 г.

Второй участок (рядовой посев дуба весной 1952 г.) занимает 72 га и расположен рядом с первым. Схема смешения древесных и кустарниковых пород: дуб — кустарники — сопутствующие — кустарники; расстояние между рядами 1,5 м.

Почвы — предкавказские слабовыщелоченные черноземы. Рельеф — равнинное плато. Уровень грунтовых вод 5,5 м. Состояние культур как гнездовых, так и рядовых хорошее. их таксационные показатели при сплошном перечете деревьев характеризует табл. 1.

Таблица 1

Лесхоз	Способ посева	Высота дубков, см	Диаметр на высоте груди, см	Количество стволов на 1 га		
				дуба	ясеня	кустарниковых
Сальский	Гнездовой	274	2,6	9950	—	1390
	Рядовой	246	2,2	4000	970	2330
Пролетарский	Гнездовой	225	1,6	13056	1226	2820
	Строчно-луночный	225	1,6	9963	990	3075

Почвенные разрезы в трехкратной повторности были заложены в гнезде и в рядах дуба, сопутствующих и кустарниковых. Для контроля и сравнения была подобрана площадь, свободная от лесонасаждений, имеющая те же почвы, что и под лесными культурами. Поле преимущественно

шественно использовали под посев зерновых культур (пшеница, ячмень) и реже под посевы кукурузы и бахчевых.

В Пролетарском лесхозе физические свойства почвы мы исследовали в культурах дуба, произрастающих на темно-каштановых почвах, грунтовые воды находятся на глубине более 30 м. Культуры созданы в 1952 г., участки гнездового и строчно-луночного посева расположены рядом. Таксационные показатели культур приведены в табл. 1. Для сравнения был подобран расположенный в непосредственной близости участок целинной степи с теми же почвами.

На темно-каштановых почвах было заложено 8 почвенных разрезов по 4 вариантам в двух повторностях: в целинной степи, в гнезде дуба, в рядах дуба строчно-луночного посева и сопутствующих пород с кустарниками.

Всего на почвах Пролетарского и Сальского лесхозов было заложено 23 почвенных разреза. Удельный вес почвы определяли с помощью пикнометра в двух-трехкратной повторности, сделано 206 определений. Объемный вес сухой и влажной почвы находили в полевых условиях при помощи влагомера-плотнометра системы Ковалева (гидровесы) во всех почвенных разрезах в трехкратной повторности для каждого десятисантиметрового слоя до глубины 1,6 м. Всего было проведено 828 определений.

Общую порозность и некапиллярную скважность определяли вычислением.

А. Влияние культур дуба на некоторые физические свойства предкавказских черноземов

Материалы полевых и лабораторных исследований приведены в табл. 2 и рис. 1.

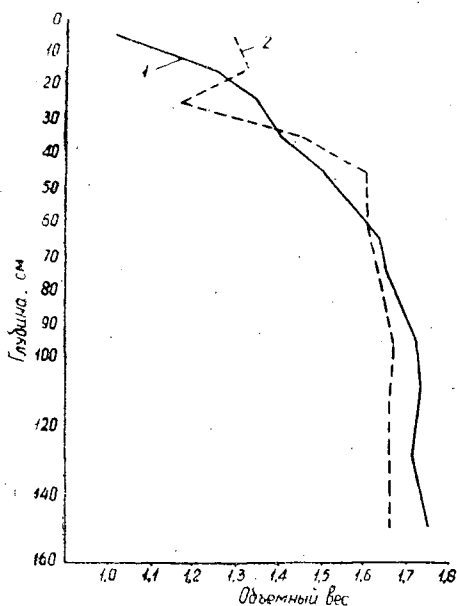


Рис. 1. Объемный вес предкавказских черноземов под культурами дуба 1 и в поле 2.

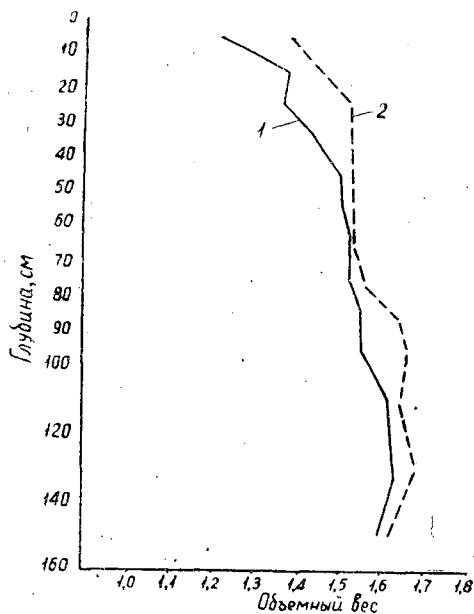


Рис. 2. Объемный вес темно-каштановой почвы под культурами дуба 1 и степной растительностью 2.

Таблица 2

Глубина взятия образца, см	Удельный вес		Порозность		Полная влагоемкость	
	культуры дуба	поле	культуры дуба	поле	культуры дуба	поле
0—10	2,63	2,62	58,2	50,8	53,9	39,7
10—20	2,64	2,63	52,7	49,8	42,2	37,3
20—30	2,66	2,69	49,6	56,9	37,0	47,7
30—40	2,65	2,68	47,2	45,9	33,7	30,5
40—50	2,67	2,69	43,8	40,5	29,2	25,4
50—60	2,69	2,71	41,6	41,0	26,5	25,6
60—70	2,69	2,71	39,0	40,2	23,8	24,8
70—80	2,70	2,69	38,9	39,0	23,6	23,8
80—90	2,70	2,71	37,8	39,1	22,5	23,6
90—100	2,70	2,70	36,3	38,1	21,1	22,8
100—120	2,71	2,73	36,2	40,7	20,9	25,4
120—140	2,72	2,76	36,8	39,8	21,4	23,2
140—160	2,72	2,74	35,7	40,4	20,4	25,1

Примечание. Глубина генетических горизонтов (см): А₀А—
—0—40 см; В—40—80 см; С—80 см и ниже.

Б. Влияние культур дуба на некоторые физические свойства темно-каштановых почв

Данные полевых и лабораторных исследований сведены нами в
табл. 3 и характеризуются рис. 2.

Таблица 3

Глубина взятия образца, см	Удельный вес		Порозность		Полная влагоемкость	
	культуры дуба	степь	культуры дуба	степь	культуры дуба	степь
0—10	2,62	2,65	54,2	48,3	45,2	35,5
10—20	2,62	2,68	47,2	45,9	34,2	31,7
20—30	2,65	2,69	46,7	43,5	33,2	28,6
30—40	2,65	2,70	46,3	43,1	32,0	28,2
40—50	2,67	2,70	44,3	43,1	29,9	28,2
50—60	2,69	2,71	44,0	43,5	29,4	28,4
60—70	2,69	2,72	43,7	44,1	28,7	29,1
70—80	2,71	2,73	42,7	43,2	28,2	27,9
80—90	2,71	2,73	42,4	40,3	27,6	24,7
90—100	2,77	2,73	41,6	39,2	27,6	23,6
100—120	2,71	2,71	40,7	40,8	24,9	24,9
120—140	2,71	2,73	40,0	38,5	24,8	22,9
140—160	2,72	2,77	41,4	41,5	26,1	25,6

Примечание. Глубина генетических горизонтов (см): А₀А—
—0—25 см; В₁В₂—25—58 см; ВС—58—75 см и С—75 см и ниже.

В. Достоверность наблюдаемых признаков

Проф. Н. А. Качинский [1] указывает на необходимость применения методов вариационной статистики при обработке материалов полевых наблюдений.

Проф. А. А. Роде [2] отмечал, что водно-физические константы обладают заметной колеблемостью и предлагает характеризовать их интервалами величин влажности. Изменчивость должна устанавливаться путем анализа многолетних данных. Если этого нет, как в нашем случае, то приближенно ширину интервала можно принимать равной $\pm 5\%$ от средней величины водно-физической константы.

Полученные материалы полевых исследований объемного веса нами были проверены на сопоставимость с применением формулы

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} > 3 + \frac{6}{n-4},$$

где $M_1; M_2$ — средняя величина наблюдаемого признака (объемный вес);

$m_1; m_2$ — квадратическое отклонение;

n — число наблюдений.

Кроме этого, были найдены проценты отклонения средних величин. В результате вычислений в подавляющем числе случаев установлено, что при наличии отклонений средних величин менее $\mp 5\%$ получается несопоставимость наблюдаемого признака, более $\mp 5\%$ — сопоставимость.

При анализе материалов исследований, изложенных в данной работе, за основу мы принимали рекомендацию проф. А. А. Роде и с учетом этого делали выводы.

Выводы

1. Удельный вес степных почв под влиянием произрастания лесных насаждений в течение 10—11 лет остался без изменения.
2. Древесная растительность оказала влияние на изменение объемного веса, порозности и полной влагоемкости предкавказских черноземов и темно-каштановых почв. Изменения проявляются в темно-каштановых почвах до глубины 50 см, а в предкавказских черноземах до 60 см.
3. Лесная растительность способствует улучшению физических свойств степных почв.
4. Лес эффективно и уже в молодом возрасте улучшает лесорастительные свойства почвы. Создание вновь полезащитных полос и посадку леса в первую очередь желательно проводить на площадях, уже испытывавших влияние древесной растительности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. А. Качинский. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений, М., 1931. [2]. А. А. Роде. К вопросу о водно-физических константах почвы. Журн. «Почвоведение» № 6, 1961.

Поступила в редакцию
8 июня 1964 г.

О СТИМУЛИРОВАНИИ ПЛОДОНОШЕНИЯ СЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ СОСНЫ

А. А. ХИРОВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Боровая лесная опытная станция)

Сведения об урожае семенных плантаций сосны довольно противоречивы [1], [3], [4].

В Бузулукском бору в течение последних шести лет ведут стационарные наблюдения над цветением и плодоношением привитых сосен. Исследованиями установлено, что черенок чаще сохраняет пол лишь в первое цветение привоя, поэтому нет никакой необходимости его учитывать при подборе черенков для прививки. С трехлетнего возраста на привоях явно доминируют женские цветы при недостаточном количестве мужских. Последнее ухудшает условия оплодотворения цветов, снижая полнозернистость семян, и заставляет прибегать к искусственному опылению, что и делают в Швеции [3]. По шведским данным, на 10—13-летних семенных плантациях сосны количество пустых семян в шишках достигает 15—20%. Шишки, собранные с шестилетних привоев в Бузулукском бору, дали небольшой выход семян (0,70%). Пустых семян в них насчитывалось в среднем 22,4%. Кроме того, в Бузулукском бору отмечено очень слабое плодоношение прививок в возрасте до 6 лет (табл. 1).

Таблица 1

Возраст привоя, лет	Количество плодоносящих привоев, %	Среднее количество шишек на плодоносящем привое
2	0,2	2,0
3	1,5	1,7
4	4,0	2,1
5	6,1	2,7
6	3,1	1,5

При создании семенных плантаций прививкой в качестве привоев используют черенки стадийно старых плюсовых деревьев. Считалось, что привой из таких черенков дадут не только высококачественные семена, но и будут рано и обильно плодоносить. Как видим, использование только одних стадийно зрелых черенков на молодых подвоях не дает желаемого эффекта. Чтобы обеспечить раннее плодоношение семенных плантаций и повысить их урожайность, необходима система дополнительных мероприятий. Первое из них — подбор подвоев.

У большинства лесных деревьев, в том числе и у сосны, есть индивидуумы с хорошим стабильным плодоношением. В Бузулукском бору по учетам последних 5 лет из 641 дерева сосны VI класса возраста на 6 пробных площадях в разных типах леса только 5,8% не меняли балла плодоношения. При этом большая часть их (5,4%) не плодоносила или плодоносила очень слабо. Лишь одна сосна (0,2%) имела хороший и стабильный урожай на протяжении 5 лет. На всех пробных площадях насчитывали 8 деревьев (1,4%) с баллом плодоношения больше трех и максимальной разницей в урожайности по годам не более одного балла. Из семян, собранных с таких сосен, и рекомендуется выращивать подвой [4]. Для стимулирования раннего плодоношения плантаций целесообразно выращивать подвой из семян северных сосен. Посадки архангельской сосны 1916 г. не имеют заметно отрицательных показателей по сохранности и росту. Вместе с тем они начинают плодоносить намного раньше и обильнее местной сосны.

Из практики сельского хозяйства хорошо известно, что растения в определенные и довольно сжатые сроки усваивают значительное количество питательных веществ. Известно также, что условия питания оказывают неодинаковое влияние на формирование разных органов растений. Регулирование минерального питания в разные периоды жизни растений обеспечивает эффективное использование элементов пищи для получения высоких урожаев.

Если азотные удобрения ускоряют рост и иногда замедляют созревание сельскохозяйственных растений, а калийные являются мощным фактором регулирования развития отдельных органов растений, то фосфорные значительно ускоряют переход растения к образованию репродуктивных органов (у хлебных злаков — зерна), существенно меняют соотношение зерна к соломе в пользу первого.

В сельском хозяйстве одним из способов усиления питания растений фосфором служит внесение небольших доз гранулированного суперфосфата вместе с семенами. При этом полностью удовлетворяется повышенная потребность молодых растений в фосфоре без вредного увеличения концентрации солей в прикорневой зоне проростков.

В 1952—1954 гг. Боровая ЛОС (В. С. Соколов) занималась выращиванием в питомнике сеянцев сосны с удобрениями:

- 1) суперфосфат порошковый (14% P_2O_5) — 60 кг на 1 га;
- 2) сульфат аммония (20% N) — 30 кг на 1 га с суперфосфатом — 60 кг на 1 га;
- 3) хлористый калий (50% K_2O) — 30 кг на 1 га с суперфосфатом — 60 кг на 1 га;
- 4) полное минеральное удобрение из расчета на 1 га: сульфат аммония — 30 кг, суперфосфат — 60 кг и хлористый калий — 30 кг;
- 5) навоз в полуперепревшем состоянии — 40 т на 1 га.

Удобрения вносили в почву перед посевом семян в питомнике чаще на глубину 15—17 см.

В 1955 г. в квартале 65 Борового опытного лесничества сеянцы были высажены на площади 0,2 га в типе леса мшистый сосняк равнин и пологих всхолмлений.

Исследования 7-летних культур сосны показали, что при отсутствии статистически достоверной разницы в диаметрах, высотах и приростах в высоту за последние 5 лет наблюдаются существенные различия в цветении и плодоношении между отдельными вариантами посадок.

Если плодоношение и цветение сосны оценить по условному баллу урожайности (сумма произведений процента плодоносящих или цвету-

щих деревьев на среднее количество шишек или жемских цветов на одном дереве), приняв контроль за 1, то варианты распределяются следующим образом: 0,26 (навоз) : 0,43 (полное минеральное удобрение) : 0,94 (калийно-фосфорное) : 1,0 (контроль) : 1,13 (азотно-фосфорное удобрение) : 1,51 (суперфосфат).

Трехлетние данные по плодоношению и женскому цветению сосны вряд ли можно считать случайными, тем более, что такая же зависимость урожая от вида применяемых удобрений имеет место и в посадках ирги.

Таким образом, для стимулирования раннего плодоношения прививок подвой для них целесообразно выращивать с удобрением почвы суперфосфатом. По-видимому, фосфорные удобрения могут дать эффект также при внекорневой подкормке прививок.

Потенциальные возможности плодоношения в конечном счете зависят от объема кроны привоев. Прививка 10—15 черенков, по Е. П. Проказину [2], позволяет сразу формироваться большой кроне, ускорит плодоношение семенной плантации, а при использовании на одном подвое черенков нескольких плюсовых сосен улучшит условия перекрестного опыления, то есть повысит качество семян и потомства.

В опытах Боровой ЛОС перепрививка кроны удается хорошо. Еще лучшие результаты получены при прививке на одном осевом побеге сразу двух черенков (приживаемость 92—96%). Первый черенок прививали в верхней части на одной стороне осевого побега, а второй — через день, но уже в нижней части, на противоположной стороне побега.

Одно из требований к семенным плантациям — низкий штабб семенных деревьев. Достигается он обрезкой и формированием кроны. Обрезка кроны к тому же стимулирует плодоношение привоев [2]. Например, на семенном участке в квартале 17 Борового опытного лесничества через два года после обрезки осевого побега с двумя-тремя верхними мутовками количество плодоносящих деревьев увеличилось вдвое.

Наблюдения в Бузулукском бору показывают, что после обрезки осевого побега привой приобретает кустовидную форму; в первый год не образуется побег, заменяющий вершину. Весенняя и летняя обрезка, особенно первая, вызывает массовое появление укороченных побегов из брахибласта. Количество их нередко достигает 50 шт. на побеге. Удаление боковых почек на боковых побегах увеличивает прирост ветви на 17% и более, то есть позволяет регулировать рост побегов на привое.

Методика формирования кроны лесных древесных пород нуждается в дальнейшей и всесторонней разработке. Она должна опираться на плодоводство, накопившее огромный опыт подобных работ с садовыми деревьями.

Сейчас, когда мы умеем успешно прививать и защищать прививки от вредителей, основные работы должны быть направлены на поиски практических путей раннего хорошего и стабильного плодоношения семенных плантаций с тем, чтобы они уже в десятилетнем возрасте смогли окупить затраты на их создание.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. По страницам зарубежной лесохозяйственной литературы. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1957. [2]. Е. П. Проказин. Отбор плюсовых деревьев и создание семенных плантаций сосны. Пушкино, 1961 [3]. Johnsson Helge. Kottskörd och fröutbyte från fröplantager av tall. «Svenska skogsvårdsfören. tidskr.», 59, № 1, 1961. [4]. B. Lindquist. Forstgenetik in Schwedischen Waldbaupraxis, Neuman Verlag, Radebeul und Berlin, 1954.

Поступила в редакцию
26 февраля 1963 г.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОИМЫ ПОСЛЕ ПЕРЕКРЫТИЯ ВОЛГИ

А. Ф. КИРЕЕВ

Доцент, кандидат биологических наук

(Волгоградский сельскохозяйственный институт)

Изучение растительности Волго-Ахтубинской поймы имеет более чем вековую давность. Все исследования конца прошлого и начала текущего столетия касались главным образом лесов Волго-Ахтубинской поймы. Позднее объектом исследований стали луга поймы. Одновременно начали изучать почвы.

Результаты этих исследований были опубликованы до постройки плотины Волжской гидроэлектростанции им. XXII съезда КПСС. Но и до этого облик растительного покрова поймы довольно быстро менялся под влиянием антропогенных факторов. Поэтому новые исследования единственного уцелевшего от затопления отрезка Волжской поймы безусловно оправданы и представляют большой научный и практический интерес.

В нашей статье речь идет только о северной части Волго-Ахтубинской поймы, входящей в пределы Волгоградской области.

Из лесной площади 37726 га, находящейся в ведении трех лесхозов — Краснослободского, Средне-Ахтубинского и Лещевского — на долю покрытой лесом приходится 25695 га и непокрытой — 12031 га. Облесенность поймы составляет всего 14,2%, а площадь, не покрытая лесом (редины, гари, погибшие насаждения, необлесившиеся вырубки, пустыри и прогалины), равняется почти трети лесной площади. Однако, несмотря на сравнительно низкую облесенность, значение леса в пойме трудно переоценить. Лес располагается здесь обычно узкими полосами вдоль многочисленных протоков и стариц. Сочетание вытянутых в длину водоемов и галерейных лесов по их берегам представляет собой идеальную систему водно-лесных полезащитных полос, создающих благоприятные условия для луговых угодий и культур.

Из пяти формаций естественного леса господствующее положение занимают три: дубняки (45,6% лесопокрытой площади), ветляники (21,1%) и осокорники (18,3%).

Во всех зонах поймы пионерной растительностью являются кустарниковые ивы (трехтычинковая, русская и др.). В прирусловой пойме, в понижениях с илистым субстратом, они сменяются ветляниками, с преобладанием песчаных отложений — осокорниками. Этот же процесс, но в ограниченных размерах, можно наблюдать и в центральной пойме. Итогом этих смен пород являются дубняки. В притеррасной пойме господствуют ивняки.

Этот естественный ход развития лесной растительности почти повсеместно и в течение длительного времени видоизменялся под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Рубка леса и последующая пастьба скота на лесосеках, а также ежегодный в течение многих лет покос и выпас на небольших полянах, прогалинах и редилах приводили в конце концов к замене леса луговой растительностью. Значительные площади лугов имеют вторичное происхождение, возникнув на месте сведенного леса. Поскольку эти факторы продолжают действовать и в наше время, современные леса поймы следует рассматривать как определенный этап развития пойменной растительности.

Одной из причин такого состояния лесной растительности является неурегулированная пастьба скота в лесу на протяжении многих десятилетий. В этом легко убедиться, наблюдая выпас и его последствия (рис. 1 и 2, фото автора).

Поскольку лесные сенокосы на территории лесхозов не имеют большого значения для развития животноводства (их площадь невелика), целесообразно выявить хозяйственную ценность особенно мелких луговых участков и потенциальные возможности почв и, прекратив покос и выпас, снова восстановить лес методом посадок. Наиболее перспективной породой здесь является дуб, затем шелковица.

Естественные сенокосы и пастбища в Волго-Ахтубинской пойме сосредоточены главным образом на землях совхозов и лишь отчасти колхозов.

Основная масса лугов (более 70%) приурочена к пойме среднего уровня, тогда как растительность пастбищ сосредоточена преимущественно (около 70%) на пойме высокого уровня.

За время, прошедшее после перекрытия Волги, в урожайности лугов больших изменений не произошло. Объясняется это ежегодным искусственным попуском паводковых вод и затоплением Волго-Ахтубинской поймы в интересах сельского и рыбного хозяйства (создание условий для нереста и развития молоди).

Отметим, что двухнедельное затопление благоприятствует дубу и ильмовым, а месячное и более — осокорю и ветле. Искусственные затопления благоприятно влияют на всю растительность поймы.

По продолжительности искусственных паводков Волго-Ахтубинская пойма приблизилась к поймам Дона и Хопра, где естественные половодья обеспечивают и благополучное существование пойменного леса и достаточно высокие урожаи лугов и где основной причиной низкой продуктивности некоторых участков пойм, «перерождения» лугов и сокращения площади леса является не более короткая поемность, а нерациональное использование природных богатств: пастьба скота по лугам до сенокосения, запаздывание с сенокосом, ничем не ограниченный выпас по отаве, пастьба коров, овец и коз в лесу и даже на вырубках. Это же наблюдается и в Волго-Ахтубинской пойме.

Установленные автором ранее 14 лесных и 25 луговых ассоциаций (типов леса и типов луга) остались в основном неизменными. Последующие систематические наблюдения лишь убеждают в том, что причины некоторых нежелательных изменений кроются не в более коротких и менее высоких искусственных паводках, а в нерадивом отношении отдельных работников совхозов, колхозов и лесничеств к природным богатствам поймы.

Теперь задача состоит в том, чтобы до полной реконструкции поймы использовать ее земли бережно и рационально. На лучших землях необходимо дальнейшее развитие садоводства и овощеводства, культу-



Рис. 1.

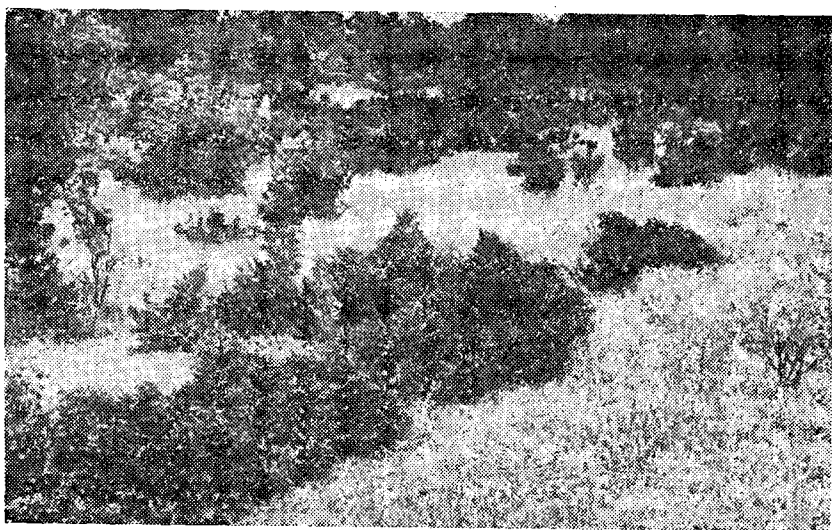


Рис. 2.

ры кукурузы и бобовых; на сенокосах и пастбищах — прекращение бессистемной пастьбы, ведущей к перерождению лугов; коренное улучшение малопродуктивных лугов и пастбищ; более энергичное лесонасаждение и резкое усиление охраны молодых культур и вырубков от погрывы скотом.

Таковы элементарные и жизненно важные требования на период до полной реконструкции поймы. Нет сомнения, что нежелательная смена естественной растительности будет предотвращена. Этого требуют интересы народного хозяйства.

ЕСТЕСТВЕННОЕ СЕМЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ
СРЕДНЕПОЕМНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО ДНЕПРА

П. А. ТИМОФЕЕВ

Ассистент

(Днепропетровский государственный университет)

Естественное семенное возобновление лесов исключительно важно в условиях засушливой зоны, где естественный лес растет в географическом несоответствии из-за наличия местообитаний экологического соответствия [1]. Благоприятны для древесной растительности такие комплексы местообитаний, как балка, арена и пойма, где формируются леса различных типов. Среди этих лесов выделяются пойменные, которые тянутся вдоль Днепра и его притоков.

Мы проводили работу в среднепоемных лесах, представленных дубравами, вербняками и тополевниками. Естественное семенное возобновление пойменных дубрав изучали в свежих и влажных типах лесорастительных условий, где естественные дубняки встречаются в виде отдельных куртин. В условиях поймы Среднего Днепра решающими факторами возобновления являются влажность почвы, сомкнутость древесного полога, травяной и мертвый покровы.

К сожалению, нам не удалось проследить влияние всех градаций увлажнения на семенное возобновление дуба (*Quercus robur* L.), так как естественные дубовые леса занимают только свежие и влажные позиции. Данные, полученные здесь, приводятся в табл. 1. Из таблицы вид-

Таблица 1

Типологическая формула по А. Л. Бергарду	Сомкнутость древесного полога	Общее покрытие травостоя, %	Мощность подстилки, см	Количество самосева и подраста, шт.	Количество подраста, шт.	Высота стебля, см	Длина корня, см	Диаметр стебля у корневой шейки, см	Количество листьев	Площадь поверхности трех больших листьев, см ²	Площадь поверхности всех листьев, см ²
ОЧСГ ₂ Тен _к III 10Д	0,8	70	1,5	35000	10000	13,2	40,2	0,3	4	188,5	208,8
ОЧСГ ₃ Тен _к III 10Д	0,8	65	1,5	25000	2500	12,1	30,0	0,2	5	67,0	105,0

Примечание. Первая типологическая формула расшифровывается так: чистая свежая дубрава теневой структуры с кустарниковым подлеском в стадии изреживания на суглинистой почве в условиях зоны обыкновенного чернозема; вторая — чистая влажная дубрава теневой структуры с кустарниковым подлеском в стадии изреживания на суглинистой почве в условиях зоны обыкновенного чернозема.

но, что при прочих равных условиях развитие самосева и его превращение в подрост происходит более интенсивно в свежих типах. Наблюдение за динамикой роста и развития молодых растений дуба показало, что в обеих градациях увлажнения вначале появляется одинаковое количество всходов, а потом во влажных типах часть их выпадает. Это мы объясняем отрицательным влиянием избытка влаги во влажном типе в условиях ежегодного длительного затопления более пониженных местобитаний, где формируются влажные дубравы. Самосев здесь угнетен: появляется небольшое количество мелких листьев; развивается слабая корневая система, которая по длине очень редко превышает 30—35 см; главный корень в первый же год жизни самосева отмирает, боковые развиваются крайне слабо и не обеспечивают всходы достаточным количеством питательных веществ, что отражается на общей массе надземных органов. Слабое развитие и частичное отмирание корневой системы самосева дуба обусловлены тем, что избыток влаги препятствует проникновению воздуха в почву (кислородное «голодание»). Такой слабо развитый самосев заглушается травостоем; одни растения превращаются в так называемые «торчки», а другие постепенно выпадают.

В пойме Среднего Днепра почвы по механическому составу суглинистые, супесчаные и песчаные. Эти почвенные разности своеобразно влияют на появление и развитие самосева. Так, например, мы установили, что на супесчаных почвах он появляется в большем количестве, чем на суглинистых, но в дальнейшем на супесях он больше отмирает. При этом на почвах более тяжелого механического состава самосев растет лучше.

В свежих и влажных типах дубрав постепенное нарастание степени сомкнутости древесных ярусов (без кустарникового подлеска) от 0,5 до 0,9 вызывает увеличение количества появляющихся всходов. Это объясняется тем, что сильное боковое освещение при низкой сомкнутости древесных ярусов, создавая благоприятные условия для разрастания густого травостоя, угнетающе действует на самосев. В этом случае оптимальной для лесовозобновления является сомкнутость 0,8—0,9, а при наличии кустарникового подлеска, имеющего полноту 0,4—0,5, — сомкнутость 0,5—0,6.

В зависимости от степени сомкнутости травостоя формируется травяной покров, представленный широколиственным разнотравьем, злаками, а также осоками. Мы изучали влияние травостоя на появление и развитие самосева в свежих типах лесорастительных условий при различной густоте кустарникового подлеска и одинаковой сомкнутости травостоя. Установлено, что при слабом развитии кустарникового подлеска разрастаются травы, которые, имея более поверхностную корневую систему, чем кустарники, перехватывают почвенную влагу и своей надземной частью заглушают молодые побеги дубочков, вызывая образование «торчков». Механическое воздействие травостоя резко проявляется после дождя и отмирания травостоя, когда последний полегает. Нежные всходы, оказавшись под ними, обречены на неминуемую гибель. Однако умеренно развитый травостой благоприятно действует на рост всходов дуба, служа своеобразным подгоном для дуба и выполняя роль теплорегулятора. В свежих типах травостой оказывает положительное влияние на рост дубочков, когда общее покрытие его не превышает 20—30%.

Мы установили, что для появления самосева наиболее благоприятен рыхлый, хорошо разложившийся мертвый покров мощностью 2—3 см. Поэтому каждой весной необходимо проводить раннее рыхление мертвого покрова там, где он развит слишком сильно. При этом

следует соблюдать большую осторожность, чтобы не повредить молодые дубки.

В условиях поймы Среднего Днепра дуб обыкновенный лучше возобновляется в чистых дубравах, чем с ясенем и остролистным кленом. В ясеневых дубравах слабое возобновление дуба объясняется сильным развитием травяного покрова, о чем свидетельствуют оставшиеся «торчки». А в дубравах с кленом отсутствие самосева дуба обусловлено недостатком света, отрицательным биохимическим действием клена остролистного (*Acer platanoides* К.) на прорастание желудей, что отметил А. П. Травлеев [2]. Самосев здесь не появляется, несмотря на то, что в подстилке имеется достаточное количество старых желудей.

Кроме того, мы проводили наблюдения в ивняках и тополельниках, которые занимают более пониженные местообитания, где встречаются влажные, сырые и мокрые градации увлажнения. Ивняки и тополевики каждой весной и летом испытывают на себе длительное затопление и поэтому они заметно изрежены. В них сильно развит травяной покров, представленный злаками и осоками (общее покрытие 70—95%). Установлено, что в этих лесах ива белая (*Salix alba* L.) и тополь черный (*Populus nigra* L.) возобновляются исключительно вегетативным путем. Отсутствие семенного возобновления этих пород вызвано наличием ежегодного длительного затопления в сильно пониженных местообитаниях, а при отсутствии затопления — слабым разложением лесной подстилки и остатков травянистых растений, что затрудняет прорастание семян. Отрицательное влияние оказывает пышно развитый травостой: плоды зависают на траве и быстро теряют всхожесть.

Таким образом, в засушливой зоне естественное семенное возобновление может быть приемлемо в первую очередь в лесах, находящихся в оптимальных условиях; в лесах, имеющих жесткие условия, необходимо создавать лесные культуры. Но в поемных лесах, наряду с искусственным лесоразведением, нужно широко применять уход за самосевом и подростом. Для обеспечения лучшего роста и развития самосева и подростка достаточно прекращение выпаса, рыхление подстилки. К более сложным мероприятиям (создание микропонижений, химическая прополка и др.), пожалуй, прибегать нерационально по экономическим соображениям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бельгард. О географическом и экологическом соответствии леса условиям местообитания. Журн. «Научные доклады высшей школы» № 2, 1958.
[2]. А. П. Травлеев. Лесная подстилка как структурный элемент степного лесного сообщества. Диссертация, 1962.

Поступила в редакцию
15 июня 1963 г.

ПРОТРАВЛИВАНИЕ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ФУНГИЦИДАМИ

В. И. МОСИН

Аспирант

(КазНИИЛХ)

Общезвестно, что при хранении семян древесных и кустарниковых растений с течением времени их посевные качества ухудшаются, в результате чего снижается грунтовая всхожесть. Наряду с этим, увеличивается их фитопатологическая зараженность. А. А. Присяжнюк [5] отмечает, что заражение спорами грибов основной массы семян происходит в период их хранения.

Исследования последних лет показали, что при обработке семян сухими протравителями наблюдается не только их дезинфекция с полной или частичной гибелью спор паразитных и сапрофитных грибов, но обеспечивается повышение всхожести [4], [6], [3], [2], [1].

В 1962 г. мы также провели исследования с целью изучения влияния заблаговременного протравливания семян сосны обыкновенной на посевные качества, фитозараженность и грунтовую всхожесть их.

Свежезаготовленные семена сосны перед закладкой на хранение в складское помещение были протравлены фунгицидами в дозировках: трихлорфенолят меди (ТХФМ) — 1, 4, 8, 12 г/кг; гексахлорбензол (ГХБ), тетраметилтиурамдисульфид (ТМТД) и гранозан — 1, 2, 3, 4 г/кг.

Протравливание проводили вручную путем тщательного перемешивания семян с ядами. Семена хранили в открытой таре. Через 6 месяцев их высевали в питомнике по заранее подготовленной почве (среднесуглинистый маломощный чернозем) на глубину 1 см в уплотненное дно бороздки после обильных осадков. Посевы мульчировали опилками слоем до 5 мм. Появившиеся всходы отеняли щитами. В качестве контроля высевали сухие необработанные семена с лабораторной всхожестью 81% и энергией прорастания 78%, которые хранили в герметически закрытой таре. Посевные качества семян определяли по методике ГОСТ 2937-55. Повторность исследований четырехкратная.

Результаты исследований

При учете сроков появления всходов было выяснено, что использованные сухие протравители не оказали существенного влияния на скорость прорастания семян в грунте (табл. 1). Единичные всходы на опытных и контрольных делянках появились на тринадцатый-четырнадцатый день. Продолжительность периода от посева до появления массо-

Таблица 1

Динамика появления и отпада всходов на посевах семян,
хранившихся в течение полугода в протравленном виде.
Посевы 8 июня 1962 г.

Наименование протравителя	До- зи- ров- ка, Г/кг	Количество всходов, % ($\frac{\text{появившихся}}{\text{погибших}}$) на день учета (после посева)										Коли- чество сохра- нивших- шихся всхо- дов, %
		12	15	20	25	30	40	50	60	90	120	
Трихлорфенолят меди	1	$\frac{0}{-}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{54}{-}$	$\frac{65}{-}$	$\frac{68}{-}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{2}$	68
	4	$\frac{0}{-}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{55}{-}$	$\frac{68}{-}$	$\frac{69}{-}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{2}$	$\frac{70}{2}$	68
	8	$\frac{0}{-}$	$\frac{12}{-}$	$\frac{55}{-}$	$\frac{68}{-}$	$\frac{68}{-}$	$\frac{69}{-}$	$\frac{70}{-}$	$\frac{72}{1}$	$\frac{72}{2}$	$\frac{72}{2}$	70
	12	$\frac{0}{-}$	$\frac{13}{-}$	$\frac{58}{-}$	$\frac{71}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{74}{-}$	$\frac{74}{1}$	$\frac{74}{1}$	$\frac{74}{1}$	73
Гексахлорбензол	1	$\frac{0}{-}$	$\frac{14}{-}$	$\frac{57}{-}$	$\frac{66}{-}$	$\frac{68}{1}$	$\frac{68}{2}$	$\frac{68}{2}$	$\frac{69}{2}$	$\frac{69}{2}$	$\frac{69}{2}$	67
	2	$\frac{0}{-}$	$\frac{15}{-}$	$\frac{58}{-}$	$\frac{64}{-}$	$\frac{67}{1}$	$\frac{69}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{1}$	69
	3	$\frac{0}{-}$	$\frac{14}{-}$	$\frac{57}{-}$	$\frac{70}{-}$	$\frac{71}{-}$	$\frac{72}{-}$	$\frac{72}{1}$	$\frac{73}{1}$	$\frac{73}{1}$	$\frac{73}{1}$	72
	4	$\frac{0}{-}$	$\frac{8}{-}$	$\frac{55}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{74}{-}$	$\frac{74}{1}$	$\frac{75}{1}$	$\frac{76}{1}$	$\frac{76}{1}$	75
Тетраметилти- урамдисульфид	1	$\frac{0}{-}$	$\frac{12}{-}$	$\frac{51}{-}$	$\frac{66}{-}$	$\frac{67}{1}$	$\frac{68}{2}$	$\frac{68}{3}$	$\frac{68}{3}$	$\frac{69}{3}$	$\frac{69}{3}$	66
	2	$\frac{0}{-}$	$\frac{12}{-}$	$\frac{54}{-}$	$\frac{68}{-}$	$\frac{70}{-}$	$\frac{71}{1}$	$\frac{71}{2}$	$\frac{72}{2}$	$\frac{72}{2}$	$\frac{72}{3}$	69
	3	$\frac{0}{-}$	$\frac{10}{-}$	$\frac{53}{-}$	$\frac{70}{-}$	$\frac{70}{-}$	$\frac{72}{1}$	$\frac{72}{2}$	$\frac{73}{2}$	$\frac{73}{2}$	$\frac{73}{2}$	71
	4	$\frac{0}{-}$	$\frac{7}{-}$	$\frac{47}{-}$	$\frac{71}{-}$	$\frac{72}{-}$	$\frac{72}{-}$	$\frac{72}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{73}{-}$	$\frac{73}{-}$	73
Гранозан	1	$\frac{0}{-}$	$\frac{9}{-}$	$\frac{52}{-}$	$\frac{71}{-}$	$\frac{73}{1}$	$\frac{73}{2}$	$\frac{73}{3}$	$\frac{73}{3}$	$\frac{73}{3}$	$\frac{73}{3}$	70
	2	$\frac{0}{-}$	$\frac{11}{-}$	$\frac{53}{-}$	$\frac{69}{-}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{70}{3}$	$\frac{71}{4}$	$\frac{71}{4}$	67
	3	$\frac{0}{-}$	$\frac{8}{-}$	$\frac{45}{-}$	$\frac{65}{-}$	$\frac{65}{-}$	$\frac{65}{1}$	$\frac{65}{1}$	$\frac{65}{1}$	$\frac{65}{1}$	$\frac{65}{1}$	64
	4	$\frac{0}{-}$	$\frac{5}{-}$	$\frac{42}{-}$	$\frac{51}{-}$	$\frac{60}{-}$	$\frac{61}{1}$	$\frac{61}{1}$	$\frac{61}{1}$	$\frac{61}{1}$	$\frac{61}{1}$	60
Контроль	-	$\frac{0}{-}$	$\frac{11}{-}$	$\frac{56}{1}$	$\frac{65}{2}$	$\frac{67}{4}$	$\frac{67}{6}$	$\frac{67}{6}$	$\frac{67}{6}$	$\frac{68}{7}$	$\frac{68}{7}$	61

вых всходов по всем вариантам опытов была или на уровне контроля или на 1—2 дня больше. Увеличение периода прорастания семян в грунте отмечалось для вариантов с повышенной дозировкой расхода ядохимикатов. Максимальная грунтовая всхожесть наблюдалась при

обработке семян ГХБ в дозировке 4 Г/кг. С увеличением дозировки нормы расхода протравителя отпад снижался. Данные лабораторного анализа семян в полной мере согласовываются с полевым материалом по изучению динамики появления всходов в питомнике.

Протравливание семян принятыми для исследований фунгицидами привело к полной ликвидации зараженности семян спорами паразитных грибов и значительному сокращению зараженности посевного материала спорами сапрофитных грибов. Биометрическая характеристика однолетних сеянцев сосны, выращенных из протравленных семян (табл. 2), показывает, что существенных различий в показателях опытных и контрольных образцов не было. На всех корешках была микориза.

Таблица 2

Средние показатели роста и развития однолетних сеянцев сосны, выращенных из протравленных семян, хранившихся в течение полугода на складе. Посевы 8 июня 1962 г.

Наименование фунгицида	Дозировка, Г/кг	Высота стволика, см	t_h	Диаметр корневой шейки, мм	t_d	Длина главного корня, см	t	Количество корней II порядка, шт.	Количество сеянцев с вершущей почкой, %
Трихлорфенолят меди	1	3,09 ± 0,071	0,4	0,63 ± 0,011	1,7	13,75 ± 0,45	1,9	2,4	92
	4	2,97 ± 0,076	0,8	0,62 ± 0,012	1,1	14,11 ± 0,27	1,6	2,6	92
	8	2,82 ± 0,063	2,6	0,60 ± 0,011	0	14,75 ± 0,48	0,3	2,5	92
	12	2,95 ± 0,053	1,2	0,60 ± 0,011	0	15,93 ± 0,61	1,3	2,6	92
Гексахлорбензол	1	3,13 ± 0,060	0,9	0,61 ± 0,011	0,6	13,84 ± 0,33	2,0	2,5	92
	2	3,01 ± 0,051	0,5	0,62 ± 0,012	1,1	14,05 ± 0,22	1,8	2,3	94
	3	3,09 ± 0,060	0,5	0,62 ± 0,012	1,1	14,47 ± 0,38	0,9	2,5	90
	4	3,19 ± 0,070	1,5	0,61 ± 0,011	0,6	14,90 ± 0,35	0,1	2,5	92
Тетраметилтиурамдисульфид	1	3,12 ± 0,047	0,9	0,58 ± 0,012	1,1	13,90 ± 0,33	2,0	2,4	92
	2	3,13 ± 0,056	1,0	0,58 ± 0,017	0,9	15,85 ± 0,46	1,4	2,7	94
	3	2,88 ± 0,060	2,0	0,60 ± 0,011	0	14,82 ± 0,34	0,2	2,0	92
	4	2,95 ± 0,047	1,3	0,58 ± 0,012	1,1	14,00 ± 0,46	1,5	2,1	94
Гранозан	1	2,88 ± 0,097	1,6	0,60 ± 0,012	0	16,40 ± 0,37	2,6	2,3	92
	2	2,86 ± 0,047	2,5	0,58 ± 0,011	1,1	16,05 ± 0,37	2,0	2,0	92
	3	2,85 ± 0,067	2,3	0,59 ± 0,010	0,6	16,09 ± 0,43	1,9	2,2	94
	4	2,91 ± 0,071	1,5	0,58 ± 0,011	1,1	15,05 ± 0,40	0,2	2,4	92
Контроль	—	3,05 ± 0,059	—	0,60 ± 0,014	—	14,94 ± 0,43	—	2,2	92

При определении содержания органических и минеральных соединений в однолетних сеянцах сосны после окончания периода вегетации было установлено (табл. 3), что обработка семян фунгицидами не отразилась на процессах питания и синтеза органических соединений. Характер усвоения элементов зольного питания и накопления органических соединений в опытных сеянцах был идентичен с теми же процессами в контроле. Об этом же свидетельствует и показатель отношения веса органической массы к неорганической. Он во всех вариантах опытов достаточно высок и удерживался или на уровне контроля или незначительно превышал его — не более 15%.

Следовательно, обработка посевного материала сухими протравителями (ТХФМ, ГХБ, ТМТД и гранозан) не оказывала существенного влияния на рост и развитие сеянцев в первый год жизни. Но эти ядохимикаты, в результате обеззараживания посевного материала, а также вследствие стимулирующего влияния, повышали грунтовую всхо-

Таблица 3

Накопление органической и минеральной массы однолетними сеянцами сосны, выращенными из протравленных семян, хранившихся в течение полугодя на складе. Посевы 8 июня 1962 г.

Наименование фунгицида	Дозировка, Г/кг	Количество сеянцев на 1 пог. м. % от контроля	Общий вес 100 сеянцев в абс. сухом состоянии		Содержание органических соединений в 100 сеянцах		Зольный остаток 100 сеянцев		Отношение органических соединений к минеральной массе
			Г	% от контр.	Г	% от контроля	Г	% от контр.	
Трихлорфенолят меди	1	111,5	4,722	94,4	4,408	94,4	0,314	94,3	14,0
	4	111,5	4,884	97,6	4,552	97,5	0,332	99,4	13,7
	8	114,7	4,802	96,4	4,477	95,6	0,325	97,6	13,8
	12	119,8	5,214	104,1	4,871	104,0	0,343	102,3	14,2
Гексахлорбензол	1	109,8	4,756	95,0	4,460	95,3	0,296	88,9	15,1
	2	113,1	4,766	95,4	4,468	95,4	0,298	89,2	15,0
	3	118,0	4,992	99,8	4,659	99,5	0,333	99,7	14,0
	4	123,0	5,096	101,8	4,763	101,7	0,333	99,7	14,3
Тетраметилдиурамдисульфид	1	106,6	4,902	98,0	4,602	98,3	0,300	90,0	15,0
	2	113,1	5,084	101,4	4,785	102,2	0,299	89,5	16,0
	3	116,3	4,988	99,9	4,678	99,9	0,310	93,0	15,1
	4	119,8	5,008	100,0	4,695	100,3	0,313	94,0	15,0
Гранозан	1	114,7	5,112	102,0	4,780	102,1	0,332	99,4	14,4
	2	109,8	4,851	97,1	4,532	97,0	0,319	95,5	14,2
	3	105,0	4,709	94,2	4,409	94,4	0,300	90,0	14,7
	4	98,3	4,508	90,2	4,211	90,0	0,297	89,0	14,2
Контроль	—	100,0	5,014	100,0	4,680	100,0	0,334	100,0	14,0

жесть их и значительно сокращали гибель всходов. Благодаря этому, общий выход однолетних сеянцев с единицы площади увеличивался.

Результаты наших исследований согласуются с данными А. К. Киселева и Т. Г. Синициной [2] и несколько отличаются от материалов А. А. Присяжнюка [4], [5]. По нашим данным и А. К. Киселева, оптимальной при протравливании семян сосны обыкновенной гранозаном является норма 1 Г/кг, а по А. А. Присяжнюку — 3 Г/кг.

Наряду с этим было установлено, что хорошие результаты получаются после протравливания семян сосны ТХФМ и ГХБ, которые менее токсичны для человека, чем, например, dust ДДТ, гранозан и меркуран, но в лесокультурной практике эти фунгициды еще не нашли применения. Сухими ядохимикатами семена можно обрабатывать заблаговременно, за полгода до посева.

Таким образом, протравливание семян сосны фунгицидами перед закладкой их на хранение — весьма полезная мера при выращивании посадочного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Воронцов, И. Г. Семенкова. Лесозащита. Сельхозгиз, М., 1963.
 [2]. А. К. Киселев, Т. Г. Синицина. Протравливание семян гранозаном и меркураном перед хранением. Журн. «Лесное хозяйство» № 2, 1960. [3]. К. С. Мушеникова. Химикаты для протравливания семян. Химия в сельском хозяйстве. Сельхозгиз, М., 1959. [4]. А. А. Присяжнюк. Влияние различных протравителей на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1959. [5]. А. А. Присяжнюк. Грибные болезни семян и шишек хвойных пород. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1960. [6]. А. А. Присяжнюк. Предпосевное протравливание семян хвойных пород фунгицидами. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1960.

Поступила в редакцию
14 октября 1963 г.

КОМПЛЕКСНЫЙ ОТВОД УЧАСТКОВ ПОД РУБКИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

И. С. МАРЧЕНКО

Аспирант

(Брянский технологический институт)

В практике ведения лесного хозяйства можно наблюдать распыленность и рассредоточенность мест рубок. Например, в Навлинском леспромхозе в 1962 г. рубками ухода пройдено 228 участков. Себестоимость 1 м^3 составила на прочистках 2,63 руб., на прореживаниях 2,10 руб., на проходных рубках 1,60 руб.

Рассредоточенности мест рубок способствует и лесоустройство, при котором в целях выделения возможно более однородных участков с вытекающей отсюда необходимостью дробления лесного фонда отведено на ревизионный период под промежуточное пользование 1—1,6 тыс. участков, 65—70% которых представлено площадями менее 4 га.

В связи с оснащением лесхозов и леспромхозов машинами и механизмами значительно поднялась производительность труда в процессах валки, трелевки, погрузки и вывозки древесины. Затраты на 1 м^3 заготавливаемой древесины снизились на прочистках до 2,38 руб., на прореживаниях до 1,58 руб., на проходных рубках до 1,04 руб. (Навлинский леспромхоз).

Наиболее эффективное использование машин и механизмов возможно лишь в случае значительного объема работ в квартале. Ведение лесосечных работ на малых площадях нежелательно также и потому, что иногда даже трудно оценить их результаты. Значительные затруднения вызывает охрана и отпуск древесины. На малых участках трудно организовать механизированную погрузку, так как перебрасывание погрузочных механизмов займет больше времени, нежели сама работа.

Для правильного, разумного использования лесов необходимо, в первую очередь, рационализировать способы их рубок, которые должны быть увязаны не только с существующей лесозаготовительной техникой и потребностями народного хозяйства, но также с перспективами его развития, задачами наиболее полного использования производительных сил природы и особенностями вырубаемых древостоев [1]. Отсюда становится явной необходимость введения новых лесоводственно обоснованных приемов рубок главного и промежуточного пользования.

Во всех лесоустроительных инструкциях при составлении плана рубок проектируются комплексные отводы, но план организации хозяйства не предусматривает такой концентрации участков, а исполнителю

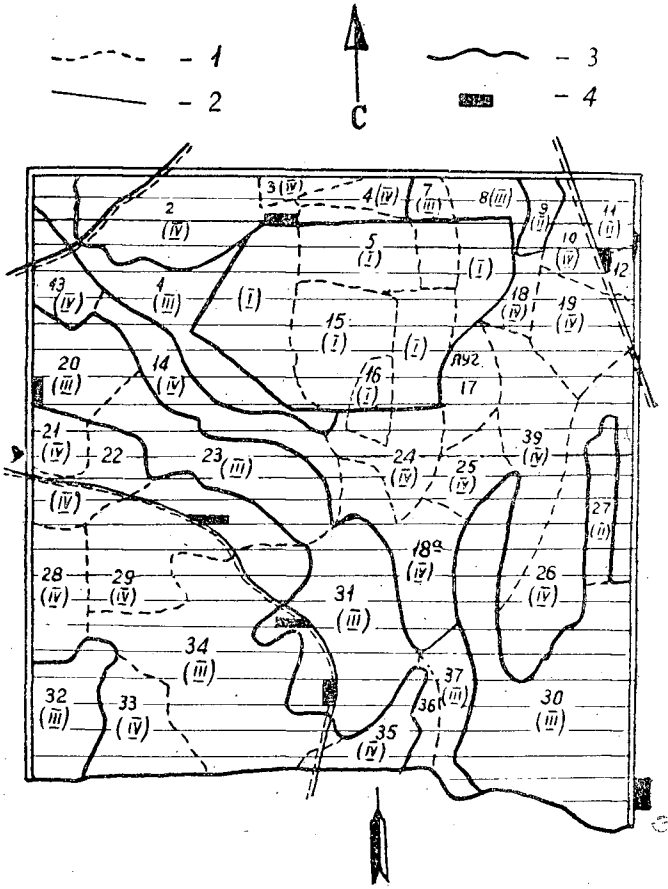


Рис. 1. Схема рубок ухода в квартале 76
Болвинского лесничества.

1 — границы выделов; 2 — волоки; 3 — границы видов рубок;
4 — верхний склад или погрузочная площадка; (i) — участки
осветлений; (ii) — прочисток; (iii) — прореживаний; (iv) — проходных
рубок. Арабскими цифрами обозначены номера выделов.

лесничему подобрать их бывает довольно трудно. В лесоводственной литературе этот вопрос также не разрешен.

Значительную ясность и облегчение в вопросе подбора участков в рубку вносит учение об участке леса В. П. Разумова [2]. Элементарные участки леса, представляющие собой таксационные выделы, можно укрупнять путем объединения соседних не только по природным, но, прежде всего, по хозяйственным признакам. Так, по одновременности проведения мероприятий участки можно укрупнять до размеров квартала или даже нескольких смежных кварталов и таким образом охватить уходом в одном месте большую площадь.

В 1963 г. такие комплексные отводы и рубки ухода произведены в Жиздринском леспромхозе, подготовлены участки и начаты работы в Бежицком и Учебно-опытном лесхозах. Величиной участка была площадь квартала или резко выраженная его часть, ограниченная ручьем или дорогой.

Технология проведения рубок промежуточного пользования на укрупненном участке заключается в следующем. Лесничий подбирает

и осматривает участок. На кальке вычерчивают схему, на которой объединяют участки, требующие одинакового ухода (рис. 1).

С учетом рельефа и экспозиции участка, а также возможного устройства верхних складов при наименьшей вырубке леса вначале на схеме, а потом в натуре промеряют одну из просек и намечают через 35—40 м места будущих волоков. Работу выполняют два человека. Мощник лесничего с помощью буссоли задает направление будущих волоков, которые прорубают потом через весь квартал. Промеряют каждый визир, в местах перехода от одного вида ухода к другому ставят столбики высотой 0,75 м. На щечках в направлении насаждения пишут вид ухода. Ведут абрис. По полевым материалам составляют схему размещения насаждений по видам ухода.

Перечетные ведомости выбираемых в рубку деревьев ведут отдельно на волоках и на пасеках по видам ухода. «Точковщик» идет по визиру, два «отклемщика» — по пасеке. Для выполнения материально-денежной оценки отобранные в рубку деревья суммируют по видам ухода в пределах участка. На участках, требующих осветлений и прочисток, для определения выбираемой древесины закладывают пробные площадки: одну на волоке, другую на пасеке. Уходом охватывают все выделы.

В типичных насаждениях с подростом в направлении от волока к волоку закладывают не менее трех учетных площадок шириной 3—4 м. Площадки закрепляют прикопками $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м. На этих площадках проводят учет подроста по группам высот и напочвенного покрова. По окончании рубки его повторяют. На этих же площадках учитывают характер повреждений.

Намечают места под верхние склады или погрузочные площадки при хлыстовой вывозке. Деревья на участке для верхнего склада отмечают под сплошную рубку и суммируют с вырубаемой на волоках древесиной.

Составляют технологическую карту проведения рубок ухода на укрупненном участке, в которой указывают объем работ по видам ухода, нормы выработки, необходимое оборудование, систему волоков и места верхних складов или погрузочных площадок при хлыстовой вывозке, порядок проведения рубки. Дают схему участка с нанесенной системой волоков и погрузочных площадок.

Места под верхние склады намечают у проезжих дорог и просек. Склад должен вмещать вырубаемую с пасек древесину. Древесину от осветлений и прочисток складывают у волока, торцом к волоку, а вершинами внутрь пасеки. Ликвидную древесину можно трелевать на верхний склад небольшого размера или также складывать у волока. Можно использовать химический способ ухода за составом смешанных молодняков. Передвижение рабочего агрегата по волоку обеспечит равномерное опрыскивание насаждений.

Древесину от прореживаний, проходных, санитарных и постепенных рубок треляют на верхний склад. Лучшим надо считать такое расположение верхнего склада, при котором длинная сторона его параллельна волоку или погрузочной площадке. Склады и волоки подготавливают один раз и используют в течение всего периода выращивания леса, включая возможную конечную постепенную рубку. Примерные размеры склада 10×20 и 15×30 м.

По окончании рубки на планшете участок обводят зеленой тушью, наносят систему волоков и складов, на каждом выделе пишут рубки. Если площадь выдела не соответствует материалам лесоучета в дополнение указывают пройденную уходом площадь. Ветка пишут год проведения ухода.

На участке ставят не более четырех столбов при въезде и выезде на основные проезжие дороги. На аншлагах с рамками указывают год ухода и площадь по видам ухода.

Первый опыт по проведению рубок ухода на укрупненном участке говорит об их перспективности. Механизированная валка и трелевка древесины значительно уменьшила затраты на 1 м³ заготавливаемой древесины. Так, на прочистках при трелевке трактором ДТ-20 себестоимость 1 м³ составила 1,71 руб. (против 1,90 руб. при ручной и конной трелевке в этом же хозяйстве), а на прореживании при работе ДТ-28 — 1,25 руб. (против 1,61 руб.).

Повреждаемость хвойного подроста и первого яруса при механизированной валке и трелевке на прочистках составляет 5—8%, на прореживаниях — 10—15%. Повреждений больше всего в зоне волока (вывалы и ошмыги коры у корневой шейки).

Волок в год прорубки увеличивает освещенность внутри насаждения (его действие сказывается на 12—15 м), но через 5—8 лет положение сомкнется и освещенность увеличиваться не будет.

При комплексном отводе участков под рубки промежуточного пользования необходимость в выполнении таких работ, как прорубка и промер ограничивающих участков линий, съемка участков и их остолбление отпадает, поэтому освобождается значительная часть трудовых и денежных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Е. Декатов. Рубки леса необходимо рационализировать. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1962. [2]. В. П. Разумов. Учение об участке леса. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. V, Брянск, 1951.

Поступила в редакцию
16 марта 1964 г.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА И ВОДНОГО РЕЖИМА В КУЛИСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СОСНЫ НА ПЕСКАХ СРЕДНЕГО ДОНА

Н. А. ВОРОНКОВ

Ассистент

(Московский государственный университет)

На Среднем Дону значительные площади песков облесены кулисным методом, при котором полосы сосны шириной 20—25 м чередуются с межкулисными пространствами такой же или большей ширины. Кулисы располагаются в основном в направлении север—юг, то есть перпендикулярно господствующим здесь юго-восточным ветрам. Первоначальная густота культур 10 тыс. сеянцев на 1 га (размещение $0,7 \times 1,5$ м). Межкулисные пространства заняты песчано-степной травянистой растительностью с преобладанием овсяницы Беккера, ковыля перистого, житняка гребчатого, полыни полевой и песчаной и др.

Авторы этого метода, должно быть, предполагали, что в течение всей жизни в кулисных насаждениях будет поддерживаться лесная обстановка, а межкулисные пространства как дополнительные источники влаги будут способствовать хорошему росту сосны.

Однако для взрослых сосновых насаждений такие предположения не оправдываются. В культурах сосны, произрастающих на степных песках, хорошая сомкнутость крон отмечается только в молодом возрасте. После же прохождения культурами «критического периода» она, как правило, уменьшается.

Низкая полнота насаждений при значительной их густоте объясняется особенностями формирования и роста культур сосны в условиях степи.

Степные насаждения в стадию смыкания вступают обычно с высокими запасами хвои (до 20—25 т/га), в результате чего страдают от резкого недостатка влаги. В культурах, ослабленных водным голоданием, процессы дифференциации замедляются, и уменьшение количества зеленой массы на единицу площади происходит в основном не в результате естественного изреживания древостоя, а за счет сокращения размеров крон вследствие интенсивного усыхания нижних 3—4 мутовок [2]. Пережившие возраст смыкания культуры резко сокращают прирост. Кроны ослабленных деревьев теряют способность активно расти, поэтому на месте отмирающих деревьев образуются «хронические» окна, и сомкнутость полога быстро уменьшается, несмотря на значительную густоту.

При таком строении полога взрослые кулисные насаждения сосны слабо трансформируют неблагоприятную степную среду.

Изучение микроклимата и водного режима мы проводили в 1960—1961 гг. в 50-летних кулисных насаждениях сосны в Арчединском лесхозе Волгоградской области.

Методика исследования была следующей. Температуру и влажность воздуха измеряли психрометрами Ассмана. Испаряемость учитывали по микроиспарителям Б. В. Полторауса [4]. Задержание осадков кронами насаждений определяли по разности в количестве осадков, выпадающих на открытых площадях (полянах) и под пологом насаждений. Осадки улавливали стеклянными дождемерами Давитая, которые выставляли по 10—15 шт. на участок. Распределение снежного покрова и содержание в нем влаги находили по данным снегомерной съемки. Количество влаги, задерживаемой подстилкой, определяли по разности между количеством осадков, проникших под полог насаждения и просочившихся через подстилку. Для улавливания последних использовали металлические поддоны, на которые устанавливали проволочные сетки с подстилкой ненарушенного сложения. Влажность почвы находили методом бурения и термостатной сушки. Большинство исследований выполнено в трехкратной повторности.

Изученные насаждения произрастали на низкой надпойменной террасе р. Арчеды в условиях полого-бугристого рельефа. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5—1 м в понижениях и 5—6 м под буграми. Пробная площадь была заложена на пологом бугре с грунтовыми водами на глубине 4,5—5 м. Почвы здесь дерново-степные, связнопесчаные, среднегумусированные (горизонты $A + B = 40-60$ см), средневлажоемкие (наименьшая влагоемкость равна 4—5%, влажность завядания достигает 0,5—0,6%), сформированы на среднемелкозернистом кварцевом песке (частицы диаметром от 0,1 до 0,5 мм составляют 70—80%). Сосна здесь растет по II—III классам бонитета и к 50 годам достигает высоты 17—18 м. Средний диаметр равен 15 см, полнота 0,6—0,7. Основная масса корней сосны сосредоточена на глубине 10—60 см, но отдельные стержневые и якорные корни проникают на глубину 4—4,5 м.

Исследованиями установлено, что под пологом кулисных насаждений освещенность составляет 30—35% от освещенности в открытой степи и в солнечную погоду достигает 1500—2000 лк. Вследствие прогревания воздуха в кулисах не только прямой, но и отраженной от стволов и от иссушенной подстилки радиацией температура приземных слоев воздуха в дневные часы достигает 30—35° и в периоды с засушливой погодой бывает выше (в среднем на 0,5°), чем в открытой степи. Относительная влажность воздуха в засушливые периоды в кулисах падает до 20—30% и бывает ниже, чем в открытой степи. Лишь после дождей влажность в кулисах несколько больше, чем в степи*.

Стволы сосны, лишенные сучьев до высоты 6—7 м, не создают под пологом кулис ветрозаменяющего действия, а наоборот способствуют сгущению воздушного потока, из-за чего возникает «аэродинамический эффект» и повышается скорость ветра в одиночных кулисах. В случае расположения нескольких кулис рядом постепенное замедление скорости ветра заметно только во второй и последующих кулисах, но лишь по сравнению с открытой степью; по отношению же к прилежащим межкулисным пространствам скорость ветра и в последующих кулисах возрастает.

Вследствие отрицательных особенностей отдельных элементов микроклимата испаряемость в кулисах также довольно высока. Так, напри-

* Данные по температуре, влажности воздуха и ветровому режиму любезно сообщены нам доцентом кафедры климатологии МГУ Б. В. Полтораусом, работавшим совместно с нашей экспедицией в Арчединском лесхозе.

мер, на третий день после дождя 1 августа 1961 г. при безветренной погоде и среднедневной температуре около $20-25^{\circ}$ испаряемость под пологом кулис достигала 10 мм за день и была ниже, чем в открытой степи, на 40%, в периоды же длительных засух она, по-видимому, также приближается к степной.

Отрицательные особенности микроклимата способствуют ухудшению водного режима почв под кулисными насаждениями, так как значительное количество осадков задерживается слабоминерализованной лесной подстилкой и испаряется. Так, осадки ливневого характера в 4—5 мм, выпадающие на сухую подстилку мощностью 4—6 см, задерживаются ею почти полностью, а осадки в 7—11 мм задерживаются на 90—63%.

Характерно, что сильно пересыхающая в кулисах подстилка часто приобретает гидрофобные свойства; по этой причине промачивание почвы под ней происходит крайне неравномерно, лишь в местах, где подстилка имеет меньшую мощность или частично нарушена.

Вследствие сильного испарения дождевой влаги кронами кулисных насаждения несмотря на низкую сомкнутость задерживают около 30% летних осадков, что в сумме с испарением с поверхности подстилки составляет около 70% осадков, выпадающих летом.

По нашим наблюдениям, кулисные насаждения недополучают также значительное количество зимних осадков, так как из-за повышенной скорости ветра между стволами сосны снег выдувается из кулис и сносится в понижения и другие защищенные места. Например, зимой 1959/60 гг., когда преобладала ветреная погода, запасы снеговой влаги под кулисами были на 50% ниже, чем в открытой степи, и даже в безветренную зиму 1960/61 гг. запасы снега в кулисах были на 20% ниже.

Наблюдениями за влажностью почвы на участках с различным состоянием подстилки установлено, что при ненарушенной подстилке летние осадки почти не сказываются на влажности почвы — увлажненная зимне-весенними осадками почва постепенно иссушается от весны к осени; на участке же со взрыхленной граблями подстилкой в первой половине лета поступление влаги в почву преобладает над испарением, о чем свидетельствует повышение влажности почвы от апреля к июню. Однако в обоих случаях во втором периоде вегетации верхний пятидесятисантиметровый слой почвы пересыхал до влажности завядания, хотя на участке со взрыхленной подстилкой пересыхание наступает несколько позже.

На участке с полностью удаленной подстилкой, несмотря на меньшие в апреле—июне запасы влаги в верхних горизонтах почвы, во втором периоде вегетации, когда всюду на юго-востоке растения испытывают острый недостаток влаги, верхние горизонты содержали некоторое количество доступной растениям влаги.

Из приведенных данных видно, что нарушение подстилки способствует улучшению водного режима в кулисных насаждениях. Однако следует иметь в виду, что в кулисных насаждениях подстилка является основным фактором, препятствующим внедрению под полог степной травяной растительности. Недостаток света здесь почти не ощутим, о чем в частности свидетельствует хороший рост и развитие в кулисах отдельных экземпляров таких светолубивых степных растений, как ковыль перистый, келерия сизая, овсяница Беккера и др. Поэтому полное удаление подстилки, как и чрезмерное нарушение ее, может привести к внедрению под лесной полог степных растений, иссушающее действие которых способно свести на нет положительную роль, достигаемую нарушением подстилки. По-видимому, наиболее рационально умеренное разбиение или рыхление подстилки.

Вследствие отмеченных отрицательных особенностей микроклимата и водного режима в кулисных насаждениях рост и состояние сосны хуже, чем в массивных. Положительная роль межкулисных пространств как дополнительных источников влаги сказывается лишь на двух-трех крайних рядах деревьев, которые используют в основном влагу из 3—4-метровой приопушечной полосы, где микроклиматические условия благоприятнее, чем в открытой степи, а степной травостой не достигает максимального развития из-за отрицательного влияния на него стены леса.

Полученные данные дают нам основание присоединиться к выводам И. М. Васильченко [1] и А. Г. Гаеля [3] о том, что узкокулисный метод облесения песков в степной зоне должен быть заменен широкополосным или массивным лесоразведением.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. М. Васильченко. Опыт облесения Арчадино-Донских песков. Сб. «Закрепление и облесение песков». Изд. Министерства сельского хозяйства, М., 1960.
[2]. Н. А. Воронков. Водный режим и формирование молодняков сосны на песках Среднего Дона. Научные доклады Высшей школы «Биологические науки» № 3, 1963.
[3]. А. Г. Гаель. О некоторых назревших вопросах облесения песков юго-востока. Сб. «Облесение и сельскохозяйственное использование Нижнеднепровских песков». Изд-во Украинской академии сельскохозяйственных наук, Киев, 1962.
[4]. Б. В. Полтораус. Метеорологическая эффективность лесных и ползащитных полос в летнее время года. Вестник МГУ, серия географическая, № 5, 1960.

Поступила в редакцию
25 октября 1963 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ОБ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРАХ МЕХАНИЗМА
ДЛЯ УСТАНОВКИ БРЕВЕН В ПОПЕРЕЧНУЮ ЩЕЛЬ

К. А. ЧЕКАЛКИН

Доцент

(Архангельский лесотехнический институт)

Конструкция механизма

Установка бревен в поперечную щель в главных коридорах сортировочных систем лесосплавных рейдов до настоящего времени остается исключительно ручной операцией. Больше того, насколько известно автору, в разрабатываемых в настоящее время конструкциях сортировочно-сплоточных агрегатов с поперечной подачей бревен процесс установки поперечной щели перед подающими транспортерами также не механизмуется. Следовательно, механизация этой операции является одной из неотложных задач в деле комплексной механизации рейдовых работ.

Процесс образования поперечной щели в питательных коридорах сортировочно-сплоточных устройств представляется возможным разделить на две операции. Первая из них состоит в подаче из запяни к коридору ориентированных (развернутых поперек оси питательного коридора) бревен и вторая — в установке бревен в поперечную щель в питательном коридоре.

Наш и зарубежный опыт указывает на то, что первая из упомянутых операций довольно просто механизмуется, в то же время механизация второй встречает значительные технические трудности, пока что в отечественной практике неразрешенные. Последние вызваны тем, что бревна, подведенные к питательному коридору в виде сплошной ленты, в которой они надлежащим образом ориентированы, имеют самое беспорядочное расположение стыков, и пока не выдвинута даже идея устройства для механического разбора этого переплетения бревен, при движении их по поверхности воды.

Для механизации процесса установки ориентированных бревен в поперечную щель мы предложили * простой механизм, схема которого изображена на рис. 1. По каналу 9, образованному бонами 7, бревна подаются из зоны разрезанного пыжа с помощью системы барабанных ускорителей 4 и 5. В процессе движения бревна ориентируются поперек питательного коридора 10, образованного бонами 1. В конце канала сбorkу питательного коридора главного сортировочного коридора устанавливают наклонный транспортер-затопитель 3, плавучими основаниями

* Заявка в Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР № 766985 с приоритетом от 1 марта 1962 г.

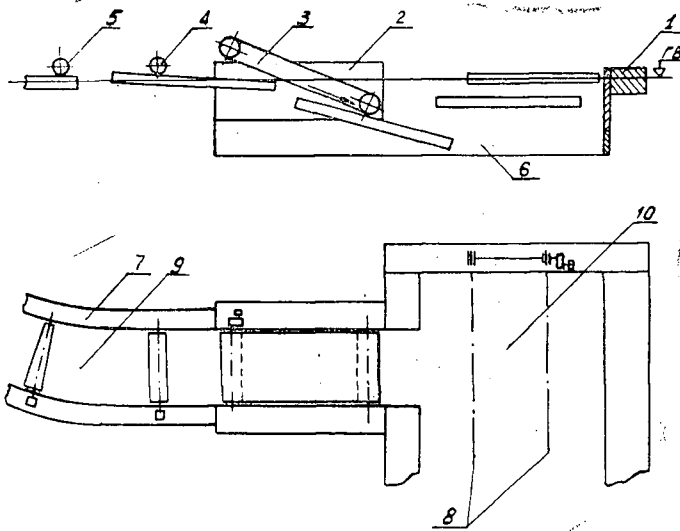


Рис. 1. Принципиальная схема механизма для установки бревен в поперечную щель.

которого служат понтоны 2. Рабочий орган транспортера состоит из цепей с поперечными траверсами, имеющими острые шипы. Таким образом, бревна попадают под нижнюю ветвь транспортера, в силу своей плавучести сцепляются с ним, постепенно затапливаются и выбрасываются в питательный коридор, где, всплывая при определенных условиях, становятся в поперечную щель. Этими условиями являются: 1) такое соотношение между скоростью транспортера и углом его наклона к горизонту, при котором в момент отрыва от транспортера бревна, повернувшись около нижней точки транспортера, располагались бы в потоке в

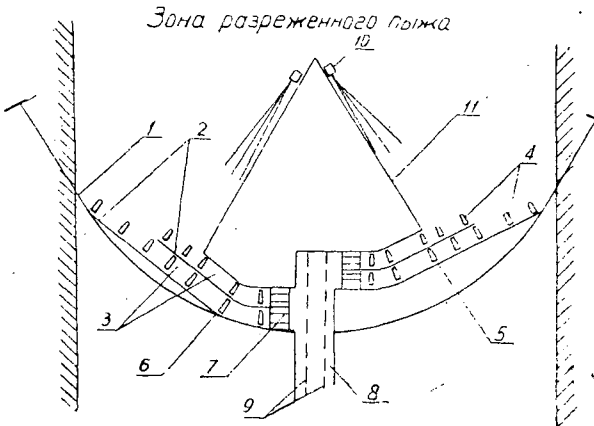


Рис. 2. Схема общей компоновки узла питания сортировочно-сплоточных средств лесосплавных рейдов.

1 — запань; 2 — направляющие бонь подводящих коридоров; 3 — подводящие коридоры; 4 — консольные барабанные ускорители; 5 — цилиндрические барабанные ускорители; 6 — конические барабанные ускорители; 7 — транспортеры-затопители; 8 — питательный коридор для сортировочно-сплоточных средств; — гладкотросовые ускорители; 10 — гидравлические побудители; 11 — бонь разделительного треугольника.

положении, близком к горизонтальному и, будучи в таком положении, всплывали бы на поверхность воды; 2) наличие значительных разрывов между торцами бревен, при котором исключалось бы утыкание бревен друг в друга при отрыве их от транспортера.

Последнее условие легко выполнимо путем задания транспортеру такой скорости движения, которая значительно превышала бы скорость движения бревен по подводящим каналам.

Разгон бревен от скорости движения их по каналам до скорости транспортеров должен осуществляться барабанными ускорителями.

Для того чтобы поперечное направление бревен не сбивалось гидродинамическим давлением потока, рабочее место механизма на речных рейдах следует затенить глубоко сидящими щитами 6. Продвижение щети в питательный коридор в этом случае следует осуществлять двухтросовым ускорителем 8.

Общая компоновка узла питания сортировочно-сплоточных средств при применении предложенного механизма показана на рис. 2.

Настоящая статья имеет своей целью теоретически обосновать некоторые параметры предложенного механизма.

Об угле наклона транспортера-затопителя

Расчет угла наклона транспортера-затопителя может быть выполнен на основании следующих предпосылок. До тех пор, пока центр водозмещения (ц. в.) бревна (рис. 3) при перемещении его транспортером не достигнет точки *a*, названной далее «точкой вращения», бревно будет двигаться параллельно транспортеру.

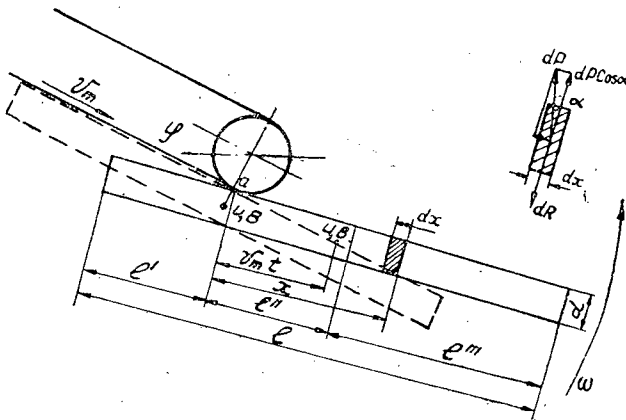


Рис. 3. Схема к расчету угла наклона транспортера-затопителя.

С момента, когда точка «ц. в.» пройдет под точкой *a*, бревно, наряду с поступательным движением, начнет вращаться около точки вращения в вертикальной плоскости*. С этого момента бревно по его длине может быть разбито на три части.

Первая *l'* — часть бревна; еще не прошедшая точки вращения. Если с некоторой погрешностью принять бревно цилиндрическим, то

$$l' = \frac{l}{2} - v_{\tau} t,$$

* При отсутствии течения в зоне работы транспортера задачи динамики бревна могут решаться как плоские.

где l — длина бревна;
 v_t — скорость транспортера;
 t — время, исчисляемое с момента совпадения точек «ц. в.» и a .
 Вторая l'' — часть бревна, уравнивающая от вращения первую.
 При цилиндрическом бревне $l' = l''$.
 Третья l''' — часть бревна, вызывающая вращение,

$$l''' = l - 2\left(\frac{l}{2} - v_t t\right) = 2v_t t.$$

На третьей части бревна возьмем элементарный отрезок dx на расстоянии x от точки вращения и рассмотрим условия его динамического равновесия в потоке для какого-то произвольного момента времени t . При вращении выделенного элементарного отрезка бревна* на него действуют следующие силы: сила плавучести, действующая вертикально вверх (разность между архимедовой силой и весом элементарного отрезка); сила гидродинамического сопротивления перемещению элементарного отрезка в потоке под влиянием сил плавучести, направленная нормально к радиусу вращения элементарного отрезка; сила воздействия транспортера, вызывающая поступательное движение бревна и направленная по его оси; сила гидродинамического сопротивления поступательному перемещению бревна, направленная также по его оси; центробежная сила инерции, вызванная вращением бревна вокруг точки опрокидывания, направленная по его оси.

Последние три силы не оказывают влияния на вращение бревна, а поэтому при рассмотрении этих процессов их можно не учитывать.

Условием динамического равновесия элементарного отрезка бревна при вращении вокруг точки a будет равенство между вращающим и реактивным моментами. Элементарный вращающий момент

$$dM_{вп} = \frac{\pi d^2}{4} (\gamma - \gamma_d) \cos \alpha \cdot x \cdot dx, \quad (1)$$

где d — диаметр бревна;
 γ — удельный вес воды;
 γ_d — объемный вес древесины;
 α — переменный угол между направлением силы плавучести и касательной к оси бревна. Угол α изменяется от нуля до φ — угла наклона транспортера к горизонту.

Пренебрегая, за незначительностью, сопротивлением трения и допуская, что обтекание бревна водой при вращении осуществляется при турбулентном режиме, силу гидродинамического сопротивления вращению элементарного отрезка можно определить по формуле

$$dR = \zeta d \cdot dx \cdot v^2, \quad (2)$$

где ζ — коэффициент лобового сопротивления;
 $d \cdot dx$ — площадь лобового сопротивления;
 v — скорость обтекания элементарного отрезка бревна потоком при вращении.

Тогда элементарный реактивный момент

$$dM_{yd} = \zeta v^2 d \cdot x \cdot dx.$$

Но

$$v = \omega x,$$

где ω — угловая скорость вращения.

* Допускаем, что вращение осуществляется с равномерной угловой скоростью.

Тогда

$$dM_{y_d} = \zeta \omega^2 d \cdot x^3 dx. \quad (3)$$

Из условий динамического равновесия

$$\frac{\pi d^2}{4} (\gamma - \gamma_d) \cos \alpha x dx = \zeta \omega^2 dx^3 dx. \quad (4)$$

Переменная x в уравнении (4) является функцией времени и определяется формулой

$$x = 2v_T t.$$

Дифференцируя левую и правую части, получим

$$dx = 2v_T \cdot dt.$$

При этих условиях уравнение (4) после соответствующих сокращений будет иметь вид

$$\pi d (\gamma - \gamma_d) \cos \alpha dt = 16 \zeta \omega^2 v_T^2 t^3 dt. \quad (5)$$

Условием динамического равновесия всего бревна при вращении является также равенство вращающего и реактивного моментов, которые можно получить интегрированием уравнения (5).

Переменными в уравнении являются t и α . Однако зависимость, получающаяся при интегрировании по двум переменным, весьма сложна для дальнейшего анализа, поэтому с некоторой погрешностью примем

$$\cos \alpha = C, \quad (6)$$

где C — средневзвешенное значение $\cos \alpha$ по всей дуге φ , в пределах которой изменяется угол

Пределами интегрирования уравнения (5) будут $t_1 = 0$ и $t_2 = \frac{l}{2v_T}$ (время движения половины бревна).

Тогда после интегрирования с учетом выражения (6) при $\omega = \text{const}$ получаем

$$\pi d (\gamma - \gamma_d) C = 2 \zeta \omega^2 l^2. \quad (7)$$

Но

$$\omega = \frac{\varphi}{t},$$

где φ — угол поворота бревна при вращении, равный по условию углу наклона транспортера к горизонту;

t — продолжительность поворота бревна на угол φ .

Исходя из условия, что цилиндрическое бревно в момент отрыва его от транспортера должно располагаться в потоке в горизонтальном положении, продолжительность поворота бревна на угол φ определим по формуле

$$t = \frac{l}{2v_T}.$$

Тогда

$$\omega = \frac{2\varphi v_T}{l}.$$

С учетом полученной формулы для угловой скорости уравнение (7) после упрощений напишем в виде

$$\pi d(\gamma - \gamma_n) C = 8\zeta \varphi^2 v_T^2,$$

откуда угол наклона транспортера (в радианах)

$$\varphi = \frac{1}{2v_T} \sqrt{\frac{\pi d(\gamma - \gamma_n) C}{2\zeta}}. \quad (8)$$

Коэффициент C , представляющий собою средневзвешенное значение $\cos \alpha$ по дуге φ , может быть определен по формуле

$$C = \frac{\int_0^\varphi \cos \alpha d\alpha}{\varphi} = \frac{\sin \varphi}{\varphi}, \quad (9)$$

где $\int_0^\varphi \cos \alpha d\alpha$ — площадь, ограниченная косинусоидой и осью α в пределах угла от нуля до φ .

Исходя из этого, формулой (8) рекомендуется пользоваться следующим образом.

Первоначально принимают $C = 1$ и вычисляют значение φ , после чего уточняют значение C по формуле (9) и окончательно определяют угол наклона транспортера.

Из формулы (8) видно, что невозможно задать такой угол наклона транспортера, который в равной степени удовлетворял бы все разнообразие условий (как по толщине бревен, так и по их плавучести), в которых его будут эксплуатировать. Поэтому угол наклона транспортера может быть рассчитан на какие-то средние условия эксплуатации (например, средневзвешенный диаметр). При этом необходимо иметь в виду, что бревна, отличающиеся от расчетных, будут всплывать с некоторым отклонением* (в ту или иную сторону) от горизонтального положения.

Уравнение траектории движения бревна после транспортера

Для определения допустимой скорости транспортера-затопителя, а также расчета ширины питательного коридора на участке всплывания бревен необходимо знать уравнение траектории движения бревна с момента отрыва его от транспортера. В качестве такой траектории может быть принята траектория движения центра тяжести бревна. Ее можно получить совместным решением системы двух параметрических уравнений, вывод которых дан ниже.

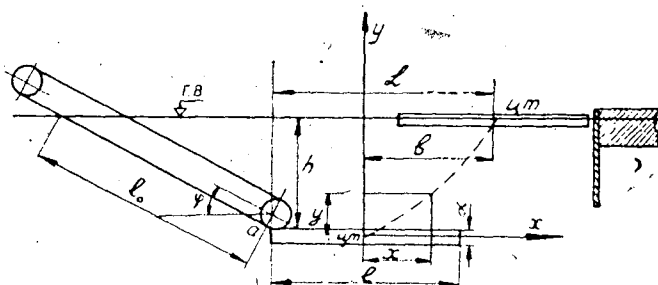


Рис. 4. Схема к расчету траектории всплывания бревна.

* Как будет видно ниже, это отклонение весьма незначительно.

В качестве переменного параметра в уравнениях принято время t , исчисляемое с момента отрыва бревна от транспортера.

В системе прямоугольных координат (рис. 4), центр которой помещен в центре тяжести бревна в момент его отрыва от транспортера, движение бревна по горизонтально направленной оси x может быть представлено уравнением

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = R_x, \quad (10)$$

где m — масса бревна;

$\frac{d^2x}{dt^2}$ — составляющая ускорения бревна на ось x ;

R_x — сила сопротивления горизонтальному перемещению затопленного бревна в воде, которая из предположения турбулентного режима обтекания бревна потоком может быть определена из уравнения

$$R_x = r_x \left(\frac{dx}{dt} \right)^2, \quad (11)$$

где, в свою очередь,

r_x — приведенное гидродинамическое сопротивление перемещению бревна по оси x ;

$\left(\frac{dx}{dt} \right)^2$ — квадрат составляющей (по оси x) скорости движения бревна.

Подставив в выражение (10) значение R_x , по формуле (11) получим следующее дифференциальное уравнение:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = r_x \left(\frac{dx}{dt} \right)^2. \quad (12)$$

Приравняем $\frac{dx}{dt} = p$, тогда $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dp}{dt}$ и формула (12) будет иметь вид

$$m \frac{dp}{dt} = r_x p^2$$

или

$$m \frac{dp}{p^2} = r_x dt.$$

Приняв m и r_x за постоянные и проинтегрировав это уравнение, получим

$$-\frac{m}{p} = r_x t + C_1$$

или

$$-\frac{p}{m} = \frac{1}{r_x t + C_1}.$$

Памятуя, что $p = \frac{dx}{dt}$ и разделив переменные, получим

$$-\frac{1}{m} dx = \frac{dt}{r_x t + C_1}. \quad (13)$$

После интегрирования

$$-\frac{1}{m}x = \frac{1}{r_x} \ln \left(t + \frac{C_1}{r_x} \right) + C_2. \quad (14)$$

При $t = 0$ (время исчисляем с момента отрыва бревна от транспорта) $\frac{dx}{dt} = v_T$, что при подстановке в уравнение (13) дает $C_1 = -\frac{m}{v_T}$. Подставив значение C_1 в уравнение (14), получим

$$-\frac{1}{m}x = \frac{1}{r_x} \ln \left(t - \frac{m}{r_x v_T} \right) + C_2. \quad (15)$$

При $t = 0, x = 0$, тогда

$$C_2 = -\frac{1}{r_x} \ln \left(-\frac{m}{r_x v_T} \right),$$

что при подстановке в уравнение (15) дает

$$-\frac{1}{m}x = \frac{1}{r_x} \ln \left(t - \frac{m}{r_x v_T} \right) - \frac{1}{r_x} \ln \left(-\frac{m}{r_x v_T} \right).$$

После несложных преобразований получим параметрическое уравнение зависимости горизонтального перемещения бревна от времени

$$x = \frac{m}{r_x} \ln \frac{m}{m - r_x v_T t}. \quad (16)$$

Всплытие бревна или, что то же, движение его по вертикали может быть описано уравнением

$$P = r_y \left(\frac{dy}{dt} \right)^2, \quad (17)$$

где P — сила плавучести бревна, которая при его объеме W определяется формулой

$$P = W(\gamma - \gamma_A);$$

r_y — приведенное гидродинамическое сопротивление воды всплыванию бревна;

$\frac{dy}{dt}$ — скорость всплывания бревна.

Из выражения (17) следует

$$dy = \sqrt{\frac{P}{r_y}} dt.$$

Проинтегрировав, получим

$$y = \sqrt{\frac{P}{r_y}} t + C_1.$$

При $t = 0, y = 0$, поэтому $C_1 = 0$ и тогда

$$y = \sqrt{\frac{P}{r_y}} \cdot t. \quad (18)$$

Таким образом, мы получили второе параметрическое уравнение плоского движения бревна, из которого $t = \sqrt{\frac{y}{\frac{P}{r_y}}}$. После подстанов-

ки полученного выражения для времени в уравнение (16) и несложных преобразований получим окончательное уравнение траектории движения ц. т. бревна после транспортера.

$$x = \frac{m}{r_x} \ln \frac{m \sqrt{\frac{P}{r_y}}}{m \sqrt{\frac{P}{r_y}} - r_x v_{\tau} y} \quad (19)$$

Если принять $y = h$ (глубина нагружения нижней точки транспортера), то из уравнения (19) получим горизонтальное расстояние от начала координатных осей до точки выхода ц. т. бревна на поверхность воды при всплывании

$$b = \frac{m}{r_x} \ln \frac{m \sqrt{\frac{P}{r_y}}}{m \sqrt{\frac{P}{r_y}} - r_x v_{\tau} h} \quad (20)$$

Если, как и ранее, с некоторой погрешностью допустить, что бревна имеют цилиндрическую форму и следовательно ц. т. их расположен на середине длины l , то горизонтальное расстояние от точки вращения до ц. т. всплывшего на поверхность воды бревна (рис. 4) будет определяться формулой

$$L = 0,5l + \frac{m}{r_x} \ln \frac{m \sqrt{\frac{P}{r_y}}}{m \sqrt{\frac{P}{r_y}} - r_x v_{\tau} h} \quad (21)$$

Пользуясь данной формулой, можно установить ширину питательного коридора на участке установки транспортера-затопителя, которая обеспечивала бы свободное всплывание бревен.

Расчеты основных параметров механизма

Используя полученные формулы для определения угла наклона транспортера и траектории движения бревна после транспортера, определим основные параметры последнего.

Приведенные гидродинамические сопротивления перемещению затопленных бревен могут быть определены по известным формулам вида

$$r = 50\%F + fS.$$

Коэффициенты лобового сопротивления r и сопротивления трения f в этих формулах для подводных перемещений бревен нуждаются в экспериментальном уточнении, однако в первом приближении, для численной иллюстрации полученных зависимостей, могут быть приняты в расчет подобные коэффициенты, полученные для надводных перемещений бревен. Так, по И. П. Донскому* можно принять для перемещений по оси x

$$r_x = 50 \cdot 1,2 \frac{\pi d^2}{4} + 0,5 \pi d l \frac{\kappa \Gamma \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2};$$

* И. П. Донской. Механизация продвижения леса на рейдах. Гослестехиздат, М.—Л., 1947.

для перемещений по оси y (пренебрегая сопротивлением трения)

$$r_y = 50 \cdot 1,0dl \frac{\kappa\Gamma \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^2}.$$

Коэффициент лобового сопротивления в формуле (8) может быть принят

$$\zeta = 50 \frac{\kappa\Gamma \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4}.$$

Решение уравнения (8) при $\gamma_d = 800 \frac{\kappa\Gamma}{\text{м}^3}$ и трех значений скорости транспортера приведено на графиках (рис. 5).

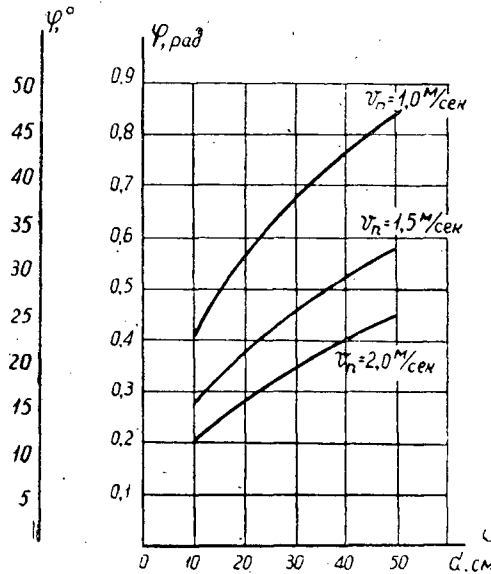


Рис. 5. Графики зависимостей угла наклона транспортера-затопителя от скорости транспортера и диаметра бревен при $\gamma_d = 800 \kappa\Gamma/\text{м}^3$.

На выбор угла наклона транспортера, кроме других факторов, будет оказывать влияние глубина реки в месте его установки. Минимально-потребная глубина, очевидно, определится формулой

$$H = \left(l_0 + \frac{l}{2} \right) \sin \varphi, \quad (22)$$

где l_0 — длина рабочей части транспортера (рис. 4).

Соответственно глубина погружения (осадка) транспортера

$$h_0 = l_0 \sin \varphi. \quad (23)$$

Вычисленные значения φ , h_0 и H при различных значениях v_T приведены в табл. 1 (расчеты сделаны для $d = 0,2$ м, максимальной длины бревна $l = 10$ м и длины рабочей части транспортера $l_0 = 4,0$ м).

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что по конструктивным соображениям и по обеспеченности необходимыми глубинами реки в месте установки механизма большие скорости движения транспортера являются более выгодными.

Таблица 1

Скорость транспортера v_T , м/сек	Угол наклона транспортера φ , рад	Осадка транспортера h , м	Минимальная глубина реки l в месте установки транспортера, м
1,0	0,55	2,08	4,8
1,5	0,38	1,48	3,4
2,0	0,28	1,12	2,6

Однако с повышением скорости значительно увеличиваются силы гидродинамического сопротивления движению бревен, в результате чего возникает вопрос о достаточности сил сцепления бревен с транспортером.

Для расчета минимального значения коэффициента сцепления μ между бревнами и транспортером может быть использовано уравнение (рис. 6)

$$\mu N = r_x v_T^2 + T$$

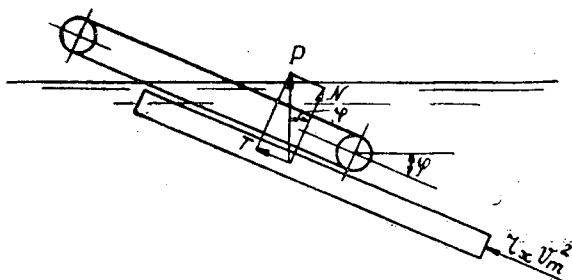


Рис. 6. Схема к расчету коэффициента сцепления между бревном и транспортером.

или

$$\mu P \cos \varphi = r_x v_T^2 + P \sin \varphi,$$

откуда

$$\mu = \frac{r_x v_T^2}{P \cos \varphi} + \operatorname{tg} \varphi. \tag{24}$$

Если, как и ранее, принять

$$r_x = 50 \cdot 1,2 \frac{\pi d^2}{4} + 0,5 \pi d l$$

и

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

то, подставив их в формулу (24), получим

для $\gamma_a = 800 \text{ кг/м}^3$

$$\mu = \frac{\left(\frac{60d}{l} + 2\right) v_T^2}{200d \cos \varphi} + \operatorname{tg} \varphi \tag{25}$$

и для $\gamma_d = 900 \text{ кг/м}^3$

$$\mu = \frac{\left(\frac{60d}{l} + 2\right) v_T^2}{100d \cos \varphi} + \operatorname{tg} \varphi. \quad (26)$$

Из приведенных формул видно, что кроме скорости транспортера, на величину коэффициента сцепления большое влияние оказывают крупность и плавучесть бревен.

Если в качестве наиболее мелких принять бревна $l = 4,5 \text{ м}$, $d = 0,1 \text{ м}$, а $\gamma_d = 900 \text{ кг/м}^3$, то максимальное значение μ при $v_T = 2 \text{ м/сек}$ составит 1,67. Такой высокий коэффициент сцепления, по нашему мнению, может быть обеспечен надлежащей конструкцией траверс транспортера (наличие острых шипов) и созданием траверсами попутного потока воды.

Расчеты по формуле (21) показывают, что придание транспортерам значительных скоростей не вызывает значительного пробоя бревен в потоке до всплытия на поверхность воды. При $\gamma_d = 800 \text{ кг/м}^3$, $l = 8,0 \text{ м}$ и $v_T = 2,0 \text{ м/сек}$ центры тяжести бревен различных диаметров всплывают на поверхность потока в следующих расстояниях от конца транспортера:

$d, \text{ см}$	10	15	20	30
$L, \text{ м}$	10,0	8,0	7,5	6,7

Это указывает на то, что ширина питательного коридора в месте установки транспортеров может быть принята 14—15 м и затем резко сведена до нормальной.

Мы исследовали основные параметры механизма для установки бревен в поперечную щель. Другие же параметры, в частности, потребляемая мощность привода, возможная пропускная способность одного транспортера, хотя и могут быть объектом специальных исследований, однако не являются решающими при рассмотрении вопроса о практической применимости предложенного механизма, которая приведенными расчетами доказывается достаточно убедительно.

Поступила в редакцию
8 апреля 1963 г.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ УЗКОКОЛЕЙНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Б. И. КУВАЛДИН

Доцент, кандидат технических наук

Б. А. БЕЛОУСОВ

Инженер

(Московский лесотехнический институт)

При производстве расчетов, связанных с обоснованием технико-экономической эффективности мероприятий по усилению реконструкции пути, обычно учитывают возникающее при этом снижение эксплуатационных расходов, связанных с содержанием путевых устройств. Однако при усилении пути, замене рельсов или усилении и улучшении балласта значительно снижаются и расходы по движению поездов, так как усиление конструкции пути на узкоколейных железных дорогах существенно снижает сопротивление движению подвижного состава.

Теоретические исследования по этому вопросу были проведены ранее Б. Н. Веденисовым, А. В. Комаровым и С. Н. Надеждиным [1], Б. И. Кувалдиным [5], М. Ф. Вериго [2], В. Н. Даниловым [3]. Хотя теоретический анализ и доказывал, что конструкция пути должна влиять на сопротивление движению, но до последнего времени не было сопоставимых экспериментальных данных, подтверждающих теоретические расчеты о снижении сопротивления движению при переходе на более тяжелый тип рельса или более жесткое подрельсовое основание. В экспериментальной работе Я. Г. Меншуткина [6], проводившейся на узкоколейных путях, зафиксировано влияние типа рельса на сопротивление движению только при трогании вагона с места, а в работах А. С. Комаровской [4] и Ю. С. Петрова [7] получены некоторые сравнительные данные о разнице в величине сопротивления движению на магистральных и временных путях.

В 1960—1962 гг. в Московском лесотехническом институте проведены исследования с целью получения сопоставимых экспериментальных данных о влиянии типа узкоколейного рельса и рода подшпального основания на основное сопротивление движению. Для проведения опытов на Красноармейской узкоколейной железной дороге были построены три опытных участка с различными шпальными основаниями. Замена типа рельсов на каждом участке позволила получить девять различных конструкций пути, характеристика которых приведена в табл. 1!

На всех участках пути были уложены шпалы типа III-Б из расчета 1625 шт. на 1 км. Под рельсами имелись клинчатые подкладки.

Таблица 1

Шпальное основание	Толщина слоя под шпалой, см	Модуль упругости рельсового основания при укладке рельсов данного типа, кг/см ²		
		P11	P18	P24
Супесчаный грунт . . .	—	77	95	45
		$\frac{26}{}$	$\frac{29}{}$	$\frac{16}{}$
Щебеночный балласт .	15	94	110	76
		$\frac{18}{}$	$\frac{23}{}$	$\frac{30}{}$
Бетонное основание . .	15	53	85	53
		$\frac{18}{}$	$\frac{26}{}$	$\frac{18}{}$

Примечание. В числителе — среднее значение, в знаменателе — среднее квадратическое отклонение.

Методика исследования

Опытные поездки на всех участках проводили с одним и тем же вагоном-сцепом типа ЦНИИМЭ-ДВЗ, нагруженным хлыстами враскомлевку. Общий вес вагона-сцепы, состоящего из двух полусцепов, составлял 24,88 Т, средняя нагрузка на ось 3110 кг. Для приближения условий движения сцепы к обычным в составе поезда, а также для устранения излишнего влияния, за ним размещали порожнюю тормозную платформу типа «Лесосудмашстрой», обеспечивающую необходимое тормозное усилие. Такую же платформу помещали между локомотивом и вагоном-сцепом для исключения воздействия колес локомотива на прогиб пути под груженым сцепом.

В целях повышения надежности опытных данных все поездки проводили без тормозных колодок. Была проведена двухкратная промывка букс и замена буксовой набивки.

Тяговые усилия регистрировали с помощью скобовых тензометрических динамометров с наклеенными проволочными датчиками сопротивления с базой 10 мм.

Величину сопротивления движению вагона-сцепы определяли по разности тяговых усилий, зафиксированных тензометрическими динамометрами, размещенными на месте передней и задней сцепки вагона-сцепы.

Интегрируя основное уравнение движения поезда, как известно, получают выражение для определения основного удельного сопротивления движению, которое для вагона, находящегося в составе поезда, примет вид

$$w_0'' = \frac{F_{дп} - F_{дз}}{G_B} - \frac{4,12(v_2^2 - v_1^2)}{S} \pm i \text{ кг/Т},$$

где w_0'' — основное удельное сопротивление движению вагона-сцепы, кг/Т;

$F_{дп}$ — среднее значение тягового усилия, зафиксированного динамометром на передней сцепке вагона-сцепы, кг;

$F_{дз}$ — среднее значение тягового усилия, зафиксированного динамометром на задней сцепке вагона-сцепы, кг;

v_1, v_2 — скорости движения поезда соответственно в начале и в конце опытного участка пути, км/час;

S — пройденный путь, м;

i — продольный уклон участка, ‰.

Запись измеряемых параметров производили с помощью осциллографа типа ОТ-24-51, который находился в передвижной лаборатории, оборудованной в автобусе ЗИС-154.

При заездах лабораторию устанавливали в стороне от опытного участка пути, а передача тока питания на тензометрические динамометры и прием результатов измерений на осциллограф осуществлялись по многожильному экранированному кабелю.

Для измерения скорости движения поезда вдоль каждого опытного участка пути устраивали электроконтактную цепь, схематически изображенную на рис. 1.



Рис. 1. Схема электроконтактного устройства для регистрации отметок пути.

Б — батарея КБС-4,5; G — гальванометр осциллографа; К — контакты.

В начале и конце опытных участков пути через 10 м друг от друга устанавливали по два деревянных столбика, на которых укрепляли по два изолированных гибких контакта. Все одноименные контакты каждого столбика подключали соответственно к одному из полюсов электролинии, проложенной в земле. Питание цепи осуществлялось от сухой батареи КБС-4,5.

На вагоне-сцепе к боковине тележки прикрепляли кронштейн со стальной гибкой щеткой.

При движении поезда по опытному участку щетка, касаясь одновременно обоих контактов столбика, замыкала их между собой. В момент замыкания по цепи проходил импульс тока, регистрируемый осциллографом в виде резкого отклонения луча гальванометра от нулевого положения.

Время прохождения поездом отдельных отрезков пути устанавливали по отметкам времени на осциллограмме с интервалами 0,01 сек.

По известному расстоянию между столбиками и времени движения поезда, зафиксированному на осциллограмме, вычисляли скорости движения и ускорения на соответствующих участках.

Опытные поездки проводили летом при одинаковых метеорологических условиях, поэтому данные испытаний вполне сопоставимы.

Результаты опытов и их анализ

Основные результаты опытов представлены на рис. 2, 3 и 4. Каждая точка на графиках представляет собой среднюю величину сопротивления движению на протяжении опытного участка пути длиной 100 м.

В результате обработки экспериментальных данных по способу наименьших квадратов получены следующие зависимости удельного сопротивления движению от скорости для всех указанных выше конструкций пути:

1. Путь на монолитном бетонном основании

- а) рельсы Р11 $w''_0 = 2,196 - 0,0379 v + 0,0026 v^2$ кг/Т;
- б) » Р18 $w''_0 = 1,344 - 0,0067 v + 0,00178 v^2$ » ;
- в) » Р24 $w''_0 = 1,153 - 0,0253 v + 0,00172 v^2$ » .

II. Путь на щебеночном балласте

- а) рельсы P11 $w''_0 = 2,419 - 0,0582 v + 0,00375 v^2$ кг/Т;
 б) » P18 $w''_0 = 1,811 - 0,0533 v + 0,00348 v^2$ » ;
 в) » P24 $w''_0 = 1,171 - 0,00455 v + 0,00175 v^2$ » .

III. Путь без балласта на супесчаных грунтах

- а) рельсы P11 $w''_0 = 2,910 - 0,0419 v + 0,00335 v^2$ кг/Т;
 б) » P18 $w''_0 = 2,400 - 0,0473 v + 0,00403 v^2$ » ;
 в) » P24 $w''_0 = 3,547 - 0,00166 v + 0,00193 v^2$ » .

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно видеть, что как тип рельса, так и тип и состояние шпального основания оказывают существенное влияние на сопротивление движению. Так, для пути, уложенного на щебеночном балласте (рис. 2), снижение сопротивления

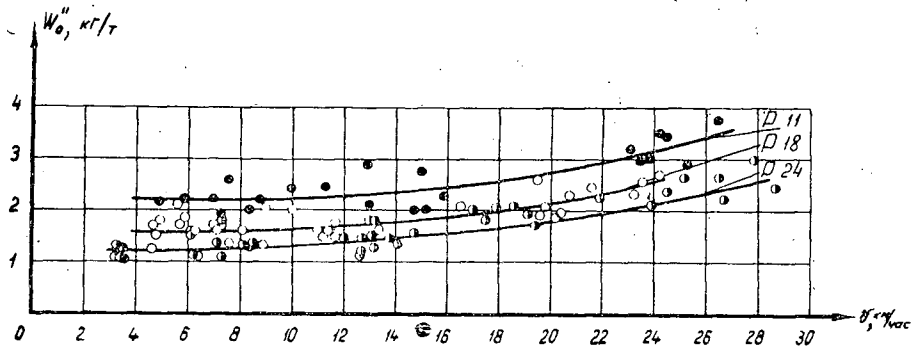


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости для пути, уложенного на щебеночном балласте и различных типах рельсов.

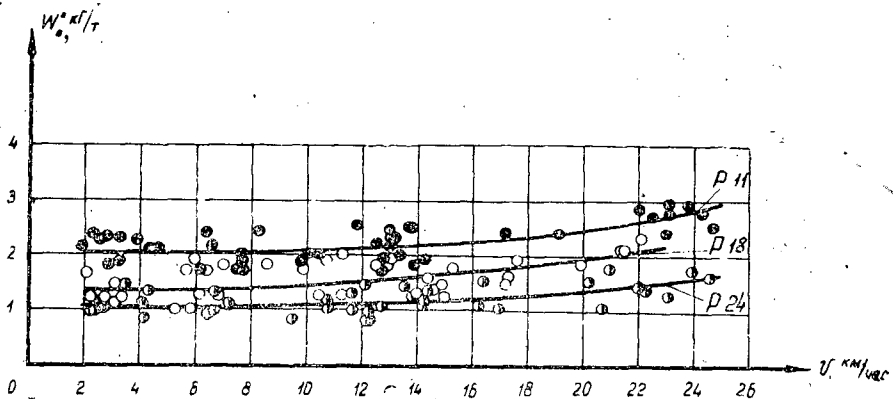


Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости для пути, уложенного на монолитном бетонном основании и различных типах рельсов.

движению при замене рельсов P11 рельсами P18 составляет в среднем 0,5—0,6 кг/Т, а при переходе на рельсы P24 еще около 0,4 кг/Т. Общее снижение при переходе от рельсов P11 к P24 в исследованном интерва-

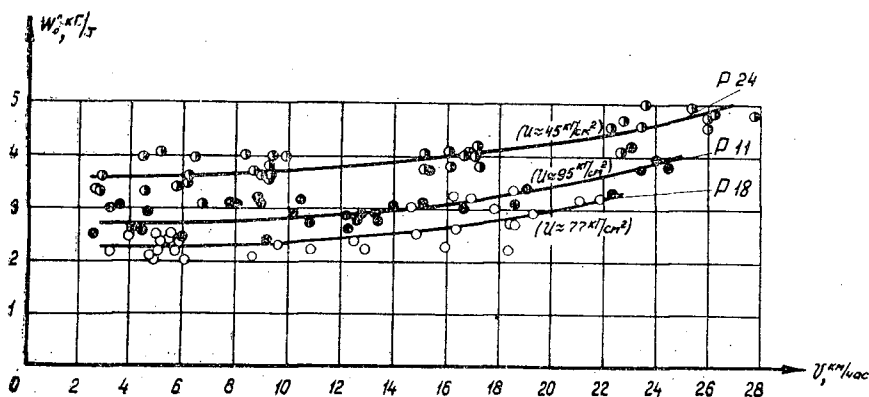


Рис. 4. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости для пути, уложенного на супесчаных грунтах без балласта и различных типах рельсов.

ле скоростей равно в среднем $0,9—1,1$ кг/т. Для пути, уложенного на монолитное бетонное основание с относительно тонкой бетонной плитой (15 см), снижение сопротивления при замене P11-рельсами P18 составило $0,4—0,5$, а при переходе на P24 — $0,5—0,6$ кг/т (общее $1,0—1,1$ кг/т).

Интересные результаты получены для участка пути, уложенного на супесчаных грунтах без балласта (рис. 4). Так, при замене P11 рельсами P18 снижение сопротивления движению составило в среднем $0,45—0,5$ кг/т.

В момент укладки рельсов типа P24, взамен P18, ввиду повышения влажности грунтов подшпального основания, произошло резкое снижение модуля упругости фельсового основания с 95 до 45 кг/см². Поэтому сопротивление движению увеличилось в среднем на $1,2—1,3$ кг/т. Это обстоятельство подтверждает, что при укладке пути непосредственно на недренирующие основания и большом увлажнении величина сопротивления движению может значительно возрастать.

Графики, показывающие изменение удельного сопротивления движению при различных типах подшпального основания, приведены на рис. 5, 6, 7. Как видно из графиков, в случае укладки рельсов P11 сопротивление движению для основания из щебеночного балласта, по сравнению с супесчаным грунтом без балласта, ниже в среднем на $0,5—0,6$ кг/т, а в случае замены монолитным бетонным основанием сопротивление снижается дополнительно на $0,25—0,35$ кг/т.

Практически такое же уменьшение наблюдается в случае укладки рельсов P18. Так, для основания из щебеночного балласта сопротивление движению ниже, чем для основания из супесчаного грунта без балласта, в среднем на $0,7—0,8$ кг/т. При переходе от основания из щебеночного балласта к монолитному бетонному сопротивление снижается на $0,2—0,3$ кг/т. Для пути, уложенного рельсами P24, уменьшение в последнем случае равно в среднем $0,3—0,5$ кг/т.

Основное удельное сопротивление движению для основания из супесчаного грунта в период сильного увлажнения по сравнению с основанием из щебеночного балласта выше в среднем на $2,3—2,5$ кг/т.

Рассмотрим, например, как влияет снижение сопротивления движению на эффективность усиления и реконструкции пути на примере Алабьевской ужд Среднеуральского СНХ. Грузооборот на отдельных участках этой дороги равен $500—1300$ тыс. т. В 1962 г. себестоимость пере-

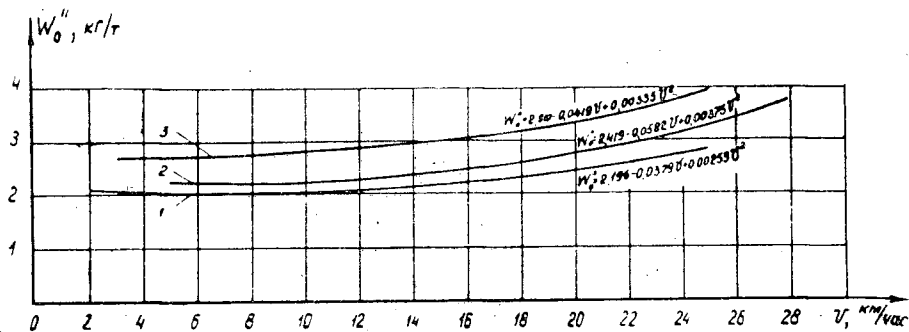


Рис. 5. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости при рельсах типа Р11 и различных шпальных основаниях.

1 — монолитное бетонное основание; 2 — щебеночный балласт; 3 — супесчаные грунты.

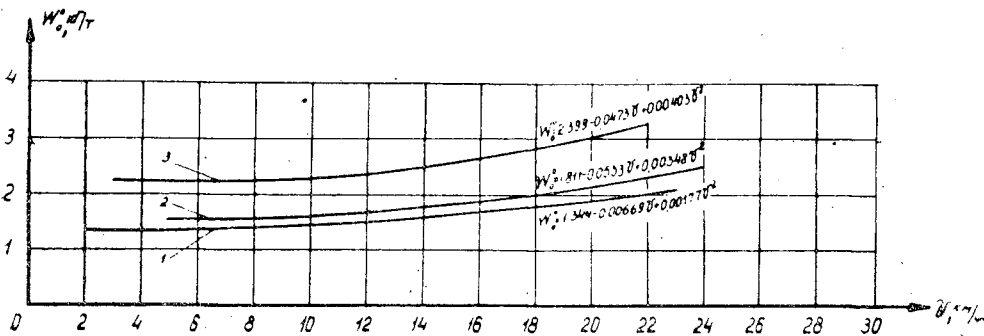


Рис. 6. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости при рельсах типа Р18 и различных типах шпального основания. Обозначения см. под рис. 5.

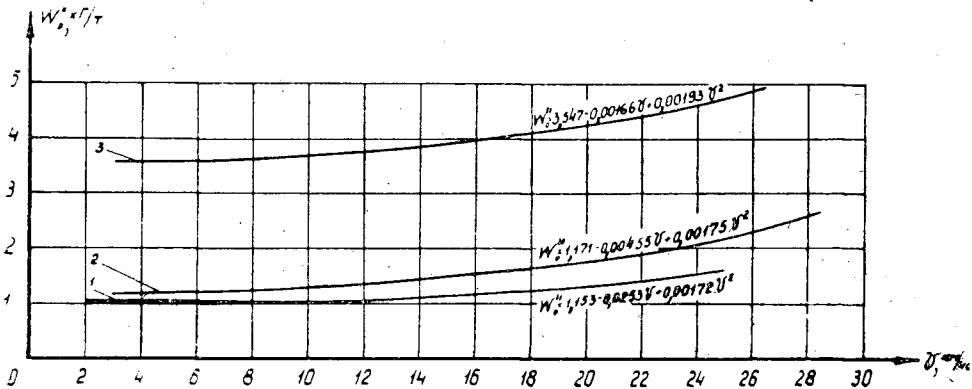


Рис. 7. Зависимость удельного сопротивления движению узкоколейного вагона-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ от скорости при рельсах типа Р24 и различных типах шпального основания. Обозначения те же.

возки 1000 T·км груза равнялась 23 руб. Расходы на топливо в общей себестоимости перевозок составляли 9%.

При замене рельсов Р18 рельсами типа Р24, как показывают наши опытные данные, сопротивление движению уменьшилось в среднем на

20%. Таким образом, размер годовой экономии при грузообороте 1300000 T от снижения сопротивления движению равен $C = \frac{1300000}{1000} \times 23 \times 0,20 \times 0,90 = 538$ руб. на 1 км, а при грузообороте 500000 T — 207 руб. Удорожание конструкции пути при укладке рельсов типа Р24, взамен Р18, составляет от 720 до 750 руб. на 1 км.

Таким образом, одно только снижение сопротивления движению позволяет окупать дополнительные расходы по замене рельсов Р18 на Р24 в 1,5—3 года в зависимости от грузооборота дороги.

Выводы

1. Для всех рассмотренных конструкций железнодорожного пути укладка рельсов типа Р18, вместо Р11, дает снижение сопротивления движению в среднем на 0,5—0,6 $кГ/Т$, а укладка Р24, взамен Р18, — дополнительно 0,4—0,5 $кГ/Т$.

2. Укладка узкоколейных дорог на щебеночный балласт, по сравнению с безбалластными путями, дает снижение сопротивления в среднем на 0,5—0,8 $кГ/Т$. Устройство бетонного основания пути, по сравнению со щебеночным балластом, вызывает снижение сопротивления движению в среднем на 0,2—0,5 $кГ/Т$. Укладка пути на бетонное основание может быть целесообразной на руководящем подъеме, что позволит не только повысить вес поезда, но и увеличить пропускную способность дороги.

3. При решении вопроса об устройстве безбалластных путей на недреннирующих грунтах необходимо учитывать, что в сырые периоды года сопротивление движению на них резко возрастает, что влечет за собой, помимо увеличения затрат на ремонт и содержание пути, повышение эксплуатационных расходов за счет увеличения потребления топлива на передвижение поездов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Н. Веденисов, А. В. Комаров, С. Н. Надеждин. Сопротивление движению на транспорте и методы его снижения. Изд. АН СССР, 1950. [2]. М. Ф. Верриго. О сопротивлении движению колеса по рельсу, обусловленному рассеянием энергии в железнодорожном пути. Журн. «Техника железных дорог» № 8, 1950. [3]. В. Н. Данилов. Работа рельса под подвижной нагрузкой. Докторская диссертация, М., 1952. [4]. А. С. Комаревская. Исследования сопротивления движению на временных безбалластных путях (усах) лесовозных дорог. Кандидатская диссертация, М., 1953. [5]. Б. И. Кувалдин. Влияние размещения осей подвижного состава на прочность рельсового пути и сопротивление движению локомотивов и вагонов. Сб. «Проблемы повышения эффективности работы транспорта», АН СССР, 1953. [6]. Я. Г. Меншуткин. Сопротивление при трогании узкоколейных железных платформ. Кандидатская диссертация. Л., 1950. [7]. Ю. С. Петров. Исследование сопротивления движению электровозов и вагонов на открытых разработках. Кандидатская диссертация, Свердловск, 1954.

Поступила в редакцию
27 сентября 1963 г.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА СЕВЕРЕ II ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Э. Д. МАРТЮШОВ

Ассистент

(Архангельский лесотехнический институт)

Теорию зимнего влагонакопления и пучения грунтов и практический метод их расчета применительно к земляному полотну автомобильных дорог разработал проф. Н. А. Пузаков [4]. Он установил, что участкам местности с различными гидрологическими условиями соответствуют разные расчетные схемы.

Гидрологической особенностью северных районов европейской части II дорожно-климатической зоны является значительное распространение грунтовых вод типа верховодки, обусловливаемое залеганием на небольшой глубине от поверхности земли тяжелых моренных суглинков и превышением атмосферных осадков над испарением. Основной горизонт грунтовых вод в этом случае находится под суглинком.

Главным источником увлажнения земляного полотна в таких гидрологических условиях является верховодка. Мощность водонасыщенного слоя грунта над суглинком в зависимости от глубины залегания последнего, степени залесенности участка и уклона местности, по нашим наблюдениям, составляла 10—80 см. Положение уровня верховодки определяли периодическим бурением скважин по оси дороги и на обреше.

На открытых участках местности при небольшой глубине залегания суглинка верховодка на обреше летом исчезает, но в земляном полотне она обычно сохраняется.

Особенностью промерзания и пучения дорожного полотна в таких гидрологических условиях является опускание фронта промерзания ниже осеннего уровня грунтовых вод (верховодки). По наблюдениям автора, глубина промерзания (положение изотермы 0°) от поверхности покрытия по оси дороги в зависимости от гидрологических условий участка и суммы отрицательных градусо-дней за зиму составляет 2—3 м. Уровень же верховодки находится на глубине 1,0—1,7 м.

Расчет пучения дорожного полотна в таких условиях, характерных для северных районов, Н. А. Пузаков не рассматривал.

Проведенные автором наблюдения за промерзанием, послойным пучением земляного полотна [3], а также за режимом влажности грунта ниже фронта промерзания позволили установить основные особенности этих процессов в рассматриваемых гидрологических условиях. Эти особенности следующие. 1) Морозное пучение дорожного полотна продолжается до конца зимы, то есть в течение всего периода промерзания.

2) Глубина пучения грунта к концу зимы составляет примерно 70% от глубины промерзания. 3) В результате миграции влаги к фронту промерзания происходит осушение нижележащих талых слоев грунта.

Непосредственными наблюдениями за пучением отдельных слоев земляного полотна [3] установлено, что кривые пучения однородного грунта по глубине имеют максимумы и минимумы. Это обуславливается отсутствием непрерывного подтока капиллярной влаги от у. г. в. к зоне промерзания.

С началом промерзания земляного полотна и миграции влаги осушение грунта в талой зоне происходит не по всей мощности капиллярно-увлажненного слоя, а только до некоторой глубины h , причем на этой глубине влажность грунта быстро уменьшается и достигает значений, близких к максимальной молекулярной влагоемкости, то есть к влажности разрыва капилляров [2]. Это обуславливает отсутствие или незначительную величину миграции влаги из более глубоких слоев грунта в верхний слой.

Таким образом, в верхней части слоя глубиной h грунт переувлажняется в основном за счет миграции влаги из нижней части этого слоя, и на кривой пучения получается максимум и минимум. Если пренебречь возможным незначительным притоком воды в этот слой при его промерзании из более глубоких слоев грунта, то его пучение можно рассматривать в условиях закрытой системы.

При опускании фронта промерзания глубже h , то есть в зону еще не осушенного грунта, снова возникает интенсивная миграция влаги, и указанный процесс повторяется.

Для примера на рис. 1 приведены кривые пучения грунта по глубине, построенные по данным пучиномеров, установленных на опытных участках № 1 и 2 (насыпи высотой соответственно 1,0 и 0,7 м). На этом же рисунке показаны грунтовые и гидрологические условия этих участков. По нашим наблюдениям, величина h для легких супесей составляет 50—70 см.

Из рис. 1 видно, что при большой глубине промерзания кривая пучения грунта по глубине может иметь несколько максимумов и мини-

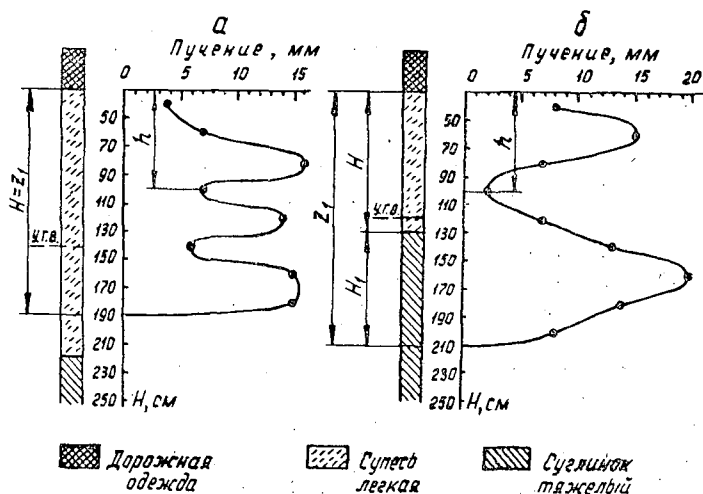


Рис. 1. Пучение грунта по глубине земляного полотна зимой 1962/63 гг. а — опытный участок № 1; б — опытный участок № 2.

мумов, что обуславливается последовательным образованием в процессе пучения грунта ряда закрытых систем. Это предположение, основанное на результатах непосредственных наблюдений за послойным пучением земляного полотна, положено в основу предлагаемого метода расчета величины пучения.

При выводе расчетных формул сделаны следующие допущения:

1) промерзание и пучение грунта считаем одномерными процессами;
2) пучение грунта в слое h рассматриваем из условия постоянства объема влаги до и после промерзания (закрытая система), то есть в процессе пучения происходит лишь миграция влаги из нижней части этого слоя в верхнюю, а приток влаги из более глубоких слоев грунта отсутствует.

При большой глубине пучения полная величина последнего равна сумме величин пучения нескольких слоев h с соответствующими начальными влажностями грунта в каждом слое.

Поэтому для однородного грунта вместо расчета пучения по отдельным слоям толщиной h расчет можно производить для одного слоя грунта мощностью H , равного сумме отдельных слоев h также при условии постоянства объема влаги в слое. В этом случае величина H равна глубине пучения к концу зимы (рис. 1, а).

Если в зоне пучения находятся слой супеси с верховодкой и подстилающий суглинок, пучение их определяют отдельно, а затем суммируют (рис. 1, б);

3) начальная (осенняя) влажность грунта постоянна по глубине;
4) уменьшение влажности в талой зоне равномерно по глубине;
5) глубина пучения в течение всего периода промерзания составляет 70% глубины промерзания (положения изотермы 0°).

Принимая ход последней во времени по Н. А. Пузакову [4], получим

$$Z_1 = 0,7 \sqrt{2\alpha_0 T} = \sqrt{2\alpha_1 T}, \quad (1)$$

откуда

$$\alpha_1 \approx 0,5\alpha_0 = \text{const},$$

где Z_1 — глубина пучения, см;

α_0 — климатический коэффициент, характеризующий глубину промерзания, см²/сутки;

α_1 — климатический коэффициент, характеризующий глубину пучения, см²/сутки;

T — время промерзания (пучения), сутки.

Последнее допущение обуславливает дополнительную погрешность при определении послойного пучения грунта в верхней части земляного полотна, поскольку глубина пучения в начале зимы составляет не 70, а примерно 90% от глубины промерзания [3]. Однако при вычислении полной величины пучения грунта за зиму это допущение уже не имеет существенного значения, так как расчет производят по конечной глубине пучения, равной 70% от глубины промерзания.

Таким образом, имеем расчетную схему, представленную на рис. 2. Обозначения, принятые в расчетной схеме:

W_n — начальная (осенняя) влажность грунта;

W — влажность грунта в талой зоне;

$W_{мз}$ — влажность мерзлого грунта;

W_m — миграционная влажность;

W_0 — максимальная молекулярная влагоемкость (по А. Ф. Лебедеву).

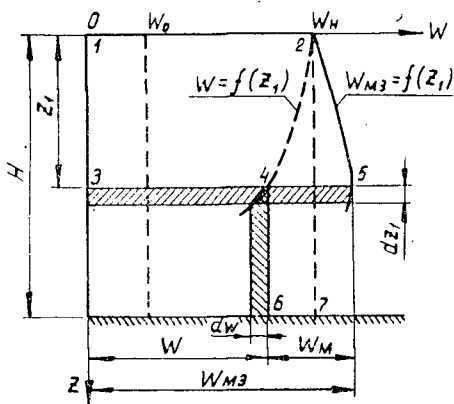


Рис. 2. Расчетная схема.

В начальный момент времени ($T = 0, Z_1 = 0$) влажность грунта постоянна по глубине и равна W_n . С началом пучения и миграции влаги влажность грунта в талой зоне уменьшается.

В момент времени $T = T_1$ мощность распучившегося слоя равна Z_1 (рис. 2), а влажность грунта в талой зоне — W , причем $W < W_n$.

Количество влаги, мигрировавшей за это время из талой зоны в мерзлую, равно площади $2 - 4 - 6 - 7 - 2$ (рис. 2). Количество миграционной влаги в слое Z_1 соответствует площади $2 - 4 - 5 - 2$. Поскольку убыль влаги из талой зоны равна прибыли ее в мерзлой зоне, эти площади равны. Начальное содержание влаги в мерзлом слое Z_1 равно площади $1 - 2 - 4 - 3 - 1$. Общее содержание влаги в мерзлом слое Z_1 соответствует площади $1 - 3 - 5 - 2 - 1$.

Выделим в мерзлом грунте слой бесконечно малой толщины dZ_1 с единичной площадью. Начальное содержание влаги в этом слое (до промерзания)

$$dq_n = W dZ_1.$$

Количество миграционной влаги

$$dq_m = W_m dZ_1.$$

Общее содержание влаги

$$dq = dq_n + dq_m = (W + W_m) dZ_1,$$

а влажность мерзлого грунта

$$W_{m3} = \frac{dq}{dZ_1} = W + W_m.$$

Влагодвижущая сила, вызывающая миграцию влаги в талой зоне, пропорциональна разности $(W - W_0)$, а скорость притока воды к зоне пучения равна [4]

$$v = k \frac{W - W_0}{x},$$

- где: x — путь фильтрации капиллярной влаги, уменьшающийся с увеличением глубины пучения;
 k — коэффициент капиллярной влагонепроводимости (по Н. А. Пузакову), $см^2/сутки$.

Путь фильтрации влаги равен $x = H - Z_1 = H - \sqrt{2\alpha_1 T}$.

Полагая, что уменьшение влажности в талой зоне происходит равномерно по глубине, и, следовательно, средний путь фильтрации влаги равен

$$x_{\text{ср}} = \frac{x}{2},$$

получим

$$v = 2k \frac{W - W_0}{H - \sqrt{2\alpha_1 T}}.$$

В данном случае переменны две величины (W и T), которые на величину скорости оказывают противоположные влияния.

Количество влаги, притекшее в слой dZ_1 за время dT , равно

$$dq_m = v dT = \frac{2k(W - W_0)}{H - \sqrt{2\alpha_1 T}} dT.$$

Убыль влаги из талой зоны составляет

$$dq_T = dW(H - Z_1) = dW(H - \sqrt{2\alpha_1 T}).$$

Приравнявая количество воды, притекшей в мерзлую зону к ее убыли из талой зоны, получим

$$\frac{2k(W - W_0)}{H - \sqrt{2\alpha_1 T}} dT = -dW(H - \sqrt{2\alpha_1 T}).$$

Разделив переменные, имеем

$$\frac{2k}{(H - \sqrt{2\alpha_1 T})^2} dT = -\frac{dW}{W - W_0}.$$

Для решения необходимо проинтегрировать обе части равенства

$$\int_0^T \frac{2k}{(H - \sqrt{2\alpha_1 T})^2} dT = - \int_{W_H}^W \frac{dW}{W - W_0}. \quad (2)$$

При интегрировании левой части равенства заменяем переменную T переменной величиной Z_1 по уравнению (1)

$$T = \frac{Z_1^2}{2\alpha_1}; \quad dT = \frac{Z_1}{\alpha_1} dZ_1.$$

После интегрирования выражения (2) и ряда преобразований получим уравнение для определения влажности грунта в талой зоне при любом значении Z_1

$$W = W_0 + (W_H - W_0) \left(\frac{H - Z_1}{H} e^{\frac{Z}{H - Z_1}} \right)^{-\frac{2k}{\alpha_1}} \quad (3)$$

В начальный момент времени $Z_1 = 0$ и $W = W_H$.

В конечный момент времени $Z_1 = H$ и $W = W_0$.

Определим влажность мерзлого грунта в любом бесконечно малом слое dZ_1 .

Общее содержание влаги в этом слое равно сумме начальной и миграционной влаги

$$dq = dq_n + dq_m = W dZ_1 + 2k \frac{W - W_0}{H - Z_1} dT$$

или

$$dq = W dZ_1 + 2k \frac{W - W_0}{H - Z_1} \cdot \frac{Z_1}{\alpha_1} dZ_1.$$

Влажность мерзлого грунта в слое dZ_1 составит

$$W_{мз} = \frac{dq}{dZ_1} = W + \frac{2kZ_1}{\alpha_1} \cdot \frac{W - W_0}{H - Z_1}.$$

Подставляя в это уравнение значение W из выражения (3), имеем

$$W_{мз} = W_0 + (W_n - W_0) \left[1 + \frac{2kZ_1}{\alpha_1(H - Z_1)} \right] \left(\frac{H - Z_1}{H} e^{-\frac{Z_1}{H - Z_1} \frac{2k}{\alpha_1}} \right). \quad (4)$$

Подставляя начальные и конечные условия, получим

$$\begin{aligned} \text{при } Z_1 = 0 & \quad W_{мз} = W_n; \\ \text{при } Z_1 = H & \quad W_{мз} = W_0. \end{aligned}$$

Обозначив

$$\begin{aligned} \frac{Z_1}{H} = m; \quad \left[(1 - m) e^{\frac{m}{1-m}} \right]^{-\frac{2k}{\alpha_1}} &= C; \\ \left[1 + \frac{2km}{\alpha_1(1-m)} \right] \left[(1 - m) e^{\frac{m}{1-m}} \right]^{-\frac{2k}{\alpha_1}} &= C_1, \end{aligned}$$

то окончательно получим

$$\begin{aligned} W &= W_0 + (W_n - W_0) C; \\ W_{мз} &= W_0 + (W_n - W_0) C_1. \end{aligned}$$

На рис. 3 и 4 представлены кривые $C = f\left(m, \frac{2k}{\alpha_1}\right)$ и $C_1 = f\left(m, \frac{2k}{\alpha_1}\right)$.

Цифрами на кривых показано значение величины $\frac{2k}{\alpha_1}$.

Для вычисления общего пучения слоя грунта H определим количество начальной и миграционной влаги в нем.

Содержание начальной влаги составит

$$\begin{aligned} Q_n &= \int_0^{Z_1=H} W dZ_1 = W_0 \int_0^{Z_1=H} dZ_1 + (W_n - W_0) \int_0^{Z_1=H} C dZ_1 = \\ &= W_0 H + (W_n - W_0) S, \end{aligned}$$

где S — площадь, ограниченная кривой $C = f\left(m, \frac{2k}{\alpha_1}\right)$ и осями координат (рис. 3).

Тогда средняя начальная влажность грунта по всему слою H равна

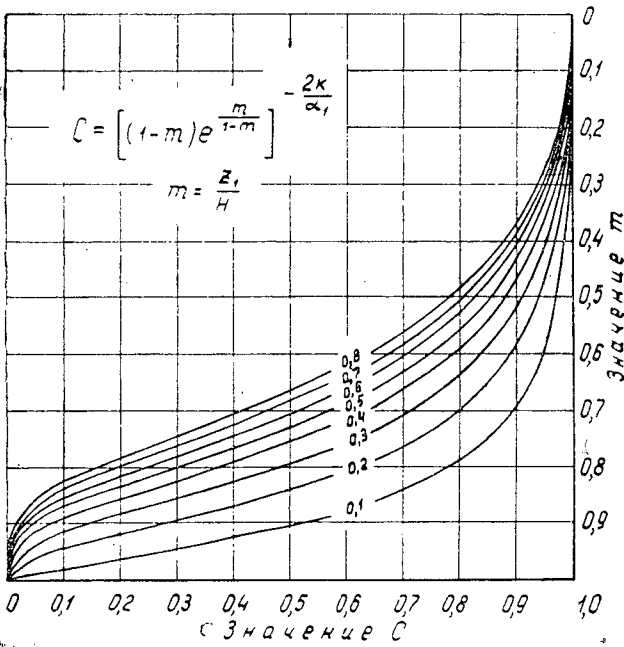


Рис. 3. График зависимости $C = f\left(m, \frac{2k}{\alpha_1}\right)$.

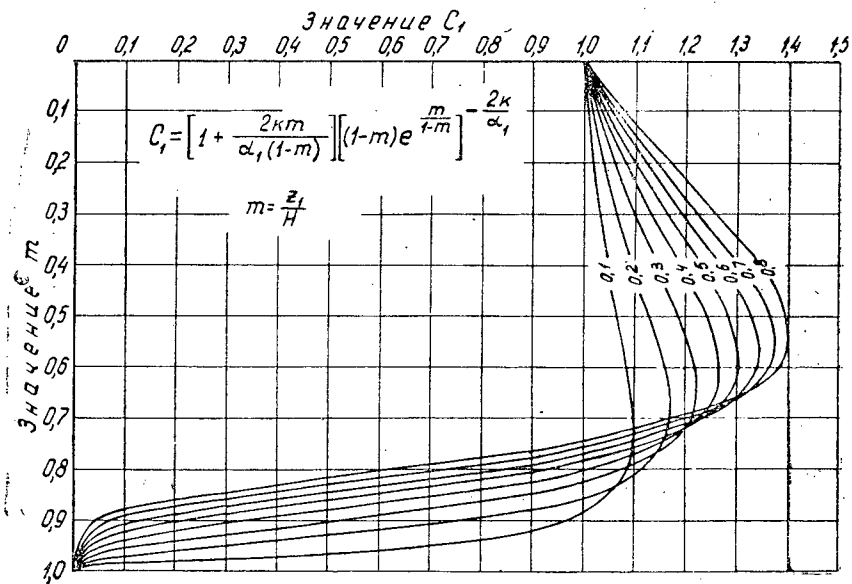


Рис. 4. График зависимости $C_1 = \left(m, \frac{2k}{\alpha_1}\right)$.

$$W_c = \frac{Q_H}{H} = W_0 + (W_H - W_0) C_{cp}, \quad (5)$$

где

$$C_{cp} = \frac{S}{H}.$$

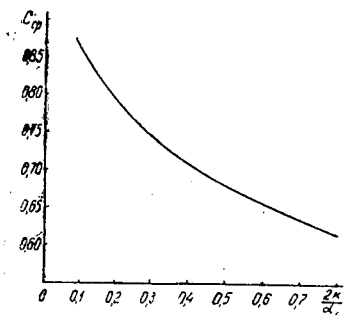


Рис. 5. График зависимости $C_{cp} = f\left(\frac{2k}{\alpha_1}\right)$.

Зависимость $C_{cp} = f\left(\frac{2k}{\alpha_1}\right)$ представлена на рис. 5.

Поскольку общее содержание влаги в слое H до и после промерзания остается постоянным, средняя по всему слою влажность мерзлого грунта равна

$$W_{мз}^{ср} = W_n,$$

а средняя по слою миграционная влажность составляет

$$W_{мс} = W_n - W_c. \quad (6)$$

Величина пучения слоя H равна

$$h_n = h_n + h_m = 0,09 W_c \delta H + 1,09 W_{мс} \delta H, \quad (7)$$

где h_n и h_m — величины пучения, обусловленные замерзанием начальной и миграционной влаги, см;

W_c , $W_{мс}$ — средние по слою начальная и миграционная влажности (доли единицы);

δ — объемный вес скелета грунта, $Г/см^3$;

H — толщина слоя грунта, см.

Необходимая для расчета средняя начальная влажность грунта W_n определяется по известному распределению влажности грунта по глубине осенью.

При наличии верховодки влажность в пределах водонасыщенного слоя грунта равна полной влагоемкости W_n (рис. 6).

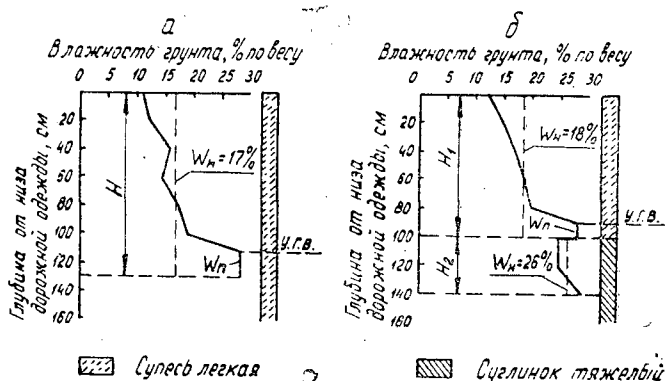


Рис. 6. Схемы к расчету пучения на участках № 1 (а) и № 2 (б).

Для сравнения расчетных и фактических величин пучения дорожно-го полотна в лаборатории были определены необходимые характеристики грунтов W_0 и W_{II} для легкой супеси (участки № 1—4) и пылеватой супеси (участки № 5—8) (табл. 1).

Таблица 1

Номер участка	Средние из двух определений значения, % по весу	
	W_0	W_{II}
1	4,5	28,5
2	11,0	28,0
3	9,0	30,0
4	10,0	27,5
5	11,0	32,0
6	12,5	38,0
7	12,5	35,0
8	12,0	38,0

Максимальная молекулярная влагоемкость определена прессованием грунта под давлением 65 кг/см^2 (по А. Ф. Лебедеву), полная — путем насыщения образца грунта водой [1].

Приведем числовые примеры расчета пучения на опытных участках № 1 и 2.

Грунтовые и гидрологические условия участков приведены на рис. 6. Коэффициенты капиллярной влагопроводимости грунта приняты по Н. А. Пузакову [4]. Объемный вес скелета грунта с влажностью W_H вычисляли как для грунтовой массы

$$\delta = \frac{\Delta}{1 + \Delta W_H}, \quad (8)$$

где Δ — удельный вес грунта, Г/см^3 .

Пример 1. Рассчитать величину пучения дорожного полотна на участке № 1 зимой 1961/62 гг.

Исходные данные: распределение влажности грунта по глубине осенью показано на рис. 6, а, глубина промерзания от поверхности покрытия $Z = 230 \text{ см}$ (положение изотермы 0°); время промерзания $T = 150 \text{ дн.}$; $k = 6,6 \text{ см}^2/\text{сутки}$; $W_0 = 4,5\%$.

Выполняем необходимые вычисления

$$Z = \sqrt{2\alpha_0 T}; \quad \alpha_0 = \frac{Z^2}{2T} = \frac{230^2}{300} = 176 \text{ см}^2/\text{сутки};$$

$$\alpha_1 = 0,5\alpha_0 = 88 \text{ см}^2/\text{сутки}; \quad \frac{2k}{\alpha_1} = \frac{2 \cdot 6,6}{88} = 0,15;$$

$$Z_1 = 0,7 \cdot 230 = 160 \text{ см}; \quad H = Z_1 - h_d = 160 - 30 = 130 \text{ см},$$

где h_d — толщина дорожной одежды, см.

По графику (рис. 5) определяем $C_{cp} = 0,83$.

По известному распределению влажности грунта по глубине определяем W_H (рис. 6, а) и средний объемный вес скелета грунта

$$W_H = 17\%; \quad \delta = \frac{2,7}{1 + 0,17 \cdot 2,7} \approx 1,8 \text{ Г/см}^3.$$

По формулам (5) и (6) имеем

$$W_c = 4,5 + (17 - 4,5) \cdot 0,83 = 14,9\%;$$

$$W_{mc} = 17 - 14,9 = 2,1\%.$$

Определяем величину пучения по формуле (7)

$$h_n = 0,09 \cdot 0,149 \cdot 1,8 \cdot 130 + 1,09 \cdot 0,021 \cdot 1,8 \cdot 130 = 3,1 + 5,4 = 8,5 \text{ см.}$$

Фактическая величина пучения равна 7,2 см.

Пример 2. Определить величину пучения дорожного полотна на участке № 2 зимой 1961/62 гг.

Исходные данные: осеннее распределение влажности в земляном полотне приведено на рис. 6, б, глубина пучения от поверхности покрытия по данным наблюдений $Z_1 = 170 \text{ см}$; $T = 150 \text{ дн}$. В зоне пучения находятся разные грунты. Для супеси $k = 6,6 \text{ см}^2/\text{сутки}$; $W_0 = 11\%$; для суглинка $k = 10 \text{ см}^2/\text{сутки}$, $W_0 = 18\%$.

Поскольку глубина пучения известна из наблюдений, значение α_1 определяем по формуле

$$\alpha_1 = \frac{Z_1^2}{2T} = \frac{170^2}{300} = 96 \text{ см}^2/\text{сутки}; H = 170 - 30 = 140 \text{ см.}$$

Для супесчаного слоя

$$\frac{2k}{\alpha_1} = \frac{2 \cdot 6,6}{96} = 0,137; C_{cp} = 0,84 \text{ (рис. 5)}; H_1 = 100 \text{ см.}$$

Определим W_n и δ .

$$W_n = 18\% \text{ (рис. 6, б)}; \delta = \frac{2,7}{1 + 0,18 \cdot 2,7} = 1,8 \text{ Г/см}^3.$$

Тогда

$$W_c = 11 + (18 - 11) \cdot 0,84 = 16,9\%;$$

$$W_{mc} = 18 - 16,9 = 1,1\%.$$

Величина пучения равна

$$h_n = 0,09 \cdot 0,169 \cdot 1,8 \cdot 100 + 1,09 \cdot 0,011 \cdot 1,8 \cdot 100 = 2,7 + 2,1 = 4,8 \text{ см.}$$

Фактическое пучение супесчаного слоя по показаниям пучиномера равно 4,0 см.

Для суглинка $\frac{2k}{\alpha_1} = \frac{2 \cdot 10}{96} = 0,21$; $C_{cp} = 0,8$; $H_2 = H - H_1 = 140 - 100 = 40 \text{ см}$.

Определим W_n и δ

$$W_n = 26\%; \delta = \frac{2,71}{1 + 0,26 \cdot 2,71} = 1,6 \text{ Г/см}^3.$$

Тогда

$$W_c = 18 + (26 - 18) \cdot 0,8 = 24,4\%;$$

$$W_{mc} = 26 - 24,4 = 1,6\%.$$

Величина пучения составит

$$h_n = 0,09 \cdot 0,244 \cdot 1,6 \cdot 40 + 1,09 \cdot 0,016 \cdot 1,6 \cdot 40 = 1,4 + 1,1 = 2,5 \text{ см.}$$

Фактическое пучение суглинка равнялось 2,8 см.

Общая расчетная величина пучения дорожного полотна равна 7,3 см, фактическая — 6,8 см.

В табл. 2 приведены расчетные h_p и наблюдавшиеся h_n величины пучения для опытных участков, имеющих верховодку в зоне промерзания. На участках, где наблюдения за глубиной пучения не проводили, последняя принята равной 0,7 от глубины промерзания.

Таблица 2

Номера участков	Зима 1961/62 гг.		Зима 1962/63 гг.	
	h_p , мм	h_n , мм	h_p , мм	h_n , мм
1	85	72	107	85
2	73	68	97	94
3	80	90	98	113
5	—	—	116	126
8	—	—	127	140

Эти данные свидетельствуют о применимости изложенного метода расчета для приближенного определения величины пучения дорожного полотна, капиллярно-увлажненного близкими грунтовыми водами.

Расчеты показали возможность применения этого метода для определения пучения как однородных (пример 1), так и различных грунтов (пример 2).

На всех рассмотренных опытных участках земляное полотно капиллярно увлажнено до низа дорожной одежды. Если уровень капиллярного увлажнения располагается в земляном полотне на некоторой глубине, пучение верхнего относительно сухого слоя грунта должно определяться другими способами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Изд. «Высшая школа», 1961. [2]. П. В. Вершинин, М. К. Мельникова и др. Основы агрофизики. Физматгиз, М., 1959. [3]. Э. Д. Мартюшов. О морозном пучении отдельных слоев земляного полотна в районах распространения верховодки. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [4]. Н. А. Пузаков. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. Автотрансиздат, 1960.

Поступила в редакцию
11 мая 1964 г.

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ КАРПАТ

Б. Г. ГАСТЕВ

Профессор, доктор технических наук

Б. В. БИЛЫК

Аспирант

(Львовский лесотехнический институт)

В настоящее время имеется относительно мало данных о реальных условиях и режимах работы лесовозных автомобилей в горных районах Карпат. Дальнейшее повышение производительности и экономичности автомобильного транспорта в этих районах может быть осуществлено или путем лучшего и более рационального использования существующих или путем создания новых лесовозных автомобилей, более отвечающих данным условиям эксплуатации. В том и другом случаях необходимо установить, как используются мощность и динамические качества существующих и какими должны быть мощность и основные параметры новых автомобилей, предназначенных для горных районов. Решение этих вопросов не может быть осуществлено без тщательного исследования дорожных условий и, главным образом, без изучения продольных профилей существующих лесовозных дорог.

Работники кафедры сухопутного транспорта ЛЛТИ, применяя автоматическую запись величины уклонов, произвели замеры и анализ реальных профилей ряда лесовозных дорог предприятий треста «Прикарпатлес». Полученные данные сведены в таблицы и представлены в виде процентного распределения длин участков с соответствующими уклонами для дорог I—VII (табл. 1).

Как видно из приведенного распределения уклонов, продольные профили лесовозных дорог в горных районах могут быть довольно разнообразными и во многих случаях существенно отличаться друг от друга. Условия движения автомобилей изменяются в значительной мере даже на дорогах одного типа и расположенных в одной местности (например, дороги I и IV, табл. 1).

Исследуя режимы работы автомобилей в различных дорожных условиях, многие авторы по-разному и довольно неопределенно характеризуют эти условия. В зависимости от сложности продольного профиля, различают дороги горные, равнинные, в холмистой местности и т. п. Однако профили их даже в одной, например, горной местности, в значительной степени различаются как по частоте переломов и чередованию подъемов и спусков, так и по абсолютным значениям уклонов и их протяженности, следовательно, приведенные термины не могут дать полной характеристики сложности дорожных условий.

Таблица 1

Интервалы уклонов в грузовом направ- лении, ‰	Распределение протяженности участков с различными уклонами, % от общей длины						
	магистрала				уса		
	I	II	III	IV	V	VI	VII
От -160 до -141	—	—	—	—	4,04	—	—
„ -140 „ -121	—	—	—	—	2,57	13,40	—
„ -120 „ -101	—	—	—	—	9,66	5,98	—
„ -100 „ -81	1,38	3,58	—	—	4,89	35,76	4,21
„ -80 „ -61	0,67	1,82	12,58	—	27,14	18,33	3,22
„ -60 „ -41	3,90	12,67	7,98	3,87	45,26	21,00	14,85
„ -40 „ -21	2,47	23,00	9,06	32,34	5,95	3,38	45,54
„ -20 „ -01	6,38	32,74	3,85	56,69	0,49	1,63	18,56
00	3,27	5,61	0,85	1,20	—	—	—
От + 01 до + 20	17,25	9,37	10,90	5,90	—	0,52	11,57
„ + 21 „ + 40	30,51	8,78	29,90	—	—	—	1,30
„ + 41 „ + 60	27,19	2,41	11,05	—	—	—	0,75
„ + 61 „ + 80	2,51	—	12,48	—	—	—	—
„ + 81 „ + 100	2,23	—	1,35	—	—	—	—
„ + 101 „ + 120	0,46	—	—	—	—	—	—
„ + 120 „ + 140	1,76	—	—	—	—	—	—

Широко используются также такие характеристики, как руководящий подъем, уравновешенный спуск, скоростной подъем и др. Они позволяют судить о классе дороги и примерной величине веса автомобильного поезда, однако не дают полного представления о сложности профиля, а следовательно, не могут характеризовать в достаточной мере условий движения автомобилей. Величины руководящего подъема или другого подобного показателя часто одинаковы для нескольких дорог с совершенно различными продольными профилями.

Достаточно полной характеристикой продольного профиля является процентное распределение уклонов по длине пути, однако следует отметить значительную громоздкость подобной характеристики и отсутствие численного показателя для оценки и сравнения нескольких дорог.

Решение ряда вопросов, в частности сравнение вариантов при проектировании дорог, и определение требований к мощности и динамическим качествам автомобилей, предназначенных для работы в горных районах, требует более подробной характеристики и оценки дорожных условий посредством системы специально выбранных для этой цели показателей. На железнодорожном транспорте при оценке продольного профиля и трассы железнодорожной линии пользуются так называемыми виртуальными характеристиками (виртуальный коэффициент, виртуальная длина и др.). Виртуальные характеристики определяют на основании сравнения затраты механической работы (электроэнергии, расхода топлива и т. п.) на данном участке, с соответствующей затратой работы на прямом горизонтальном участке пути. Следует отметить, что показатели виртуальных характеристик зависят не только от сложности профиля пути, но и от мощности локомотива и веса поезда, в значительной мере влияющих на действительную скорость движения и возможность скоростного преодоления подъемов.

На лесовозных автомобильных дорогах скорость движения изменяется в широких пределах не только в зависимости от продольного профиля, но в большой степени и от ровности дорожного покрытия, видимости и других факторов, учет которых весьма затруднителен. Поэтому определение виртуальных характеристик продольного профиля с достаточной точностью в данных условиях не представляется возможным.

Для анализа дорожных условий и исследования влияния дороги на режимы движения автомобилей необходимо найти такие показатели, которые позволили бы более точно характеризовать продольные профили автомобильных дорог и дали бы возможность оценивать и сравнивать их между собой. С этой целью рассмотрим более подробно продольный профиль автомобильной дороги. Пусть дорога состоит из участков с положительными уклонами в грузовом направлении $i_{n_1}, i_{n_2}, i_{n_3}, \dots, i_{n_m}$, длины которых соответственно равна $l_{n_1}, l_{n_2}, l_{n_3}, \dots, l_{n_m}$; участков с отрицательными уклонами $i_{c_1}, i_{c_2}, i_{c_3}, \dots, i_{c_n}$, длина которых равна $l_{c_1}, l_{c_2}, l_{c_3}, \dots, l_{c_n}$ и горизонтальных участков длиной $l_{o_1}, l_{o_2}, l_{o_3}, \dots, l_{o_p}$.

Общая протяженность дороги

$$L = \Sigma l_n + \Sigma l_c + \Sigma l_o.$$

Произведения величин уклонов на соответствующие длины участков представляют собой высоты подъемов или спусков на этих участках. Отношение высоты подъема или спуска отдельного участка к общей длине дороги представляет собой величину, которую предлагаем называть «условным уклоном» участка

$$\pm i_{\text{усл}} = \frac{il}{L}.$$

Условный уклон определяет ту долю, которую вносит данный участок в общую характеристику дороги. Чем больше длина участка и величина уклона, тем больше удельный вес данного участка в общей характеристике дороги и больше его условный уклон.

Условный подъем дороги в целом равен отношению суммы всех высот подъемов к общей длине дороги

$$+ i_{\text{усл}} = \frac{\Sigma i_n l_n}{L}.$$

Условный спуск дороги равен отношению всех высот спусков к общей длине дороги

$$- i_{\text{усл}} = \frac{\Sigma i_c l_c}{L}.$$

Из изложенного следует, что условный подъем дороги равен сумме условных уклонов всех участков с положительным знаком, а условный спуск — сумме условных уклонов с отрицательным. Таким образом, эти показатели учитывают как частоту переломов профиля, так и величину уклонов и их протяженность, а также качественно оценивают соотноше-

Таблица 2

Автомобильные дороги	Руководящий подъем, 0/00	Максимальный спуск в грузовом направлении 0/00	Условный подъем, 0/00	Условный спуск, 0/00
I	122	99	30,1	4,3
II	59	103	4,2	20,8
III	90	80	25,4	15,7
IV	15	55	0,5	17,6
V	—	154	—	72,0
VI	9	136	0,4	80,0
VII	40	101	1,8	29,8

ние между подъемами и спусками на дороге. Это особенно ценно при исследовании горных лесовозных дорог, на которых часто преобладают уклоны одного знака (табл. 1, дороги IV, V, VI, VII).

Условные уклоны дают возможность характеризовать продольные профили дорог численными показателями, что позволяет сравнивать условия эксплуатации автомобилей на различных дорогах. В табл. 2 даны значения условных подъемов и спусков для автомобильных дорог, характеристики которых приведены в табл. 1. Как видно из сравнения табличных данных, эти показатели достаточно полно характеризуют профили изучаемых дорог.

Наряду с другими характеристиками продольного профиля, условные подъем и спуск позволяют более реально оценивать сложность дорожных условий и могут быть широко использованы как при практических расчетах, так и при теоретических исследованиях. Особенно это относится к решению ряда вопросов, связанных с нахождением мощности и динамических качеств автомобилей, предназначенных для работы в определенных дорожных условиях.

Поступила в редакцию
3 февраля 1964 г.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ НАСЫПЕЙ И ВЫЕМОК ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

П. П. ЧЕБОТА

Старший преподаватель

(Ульяновский вечерний политехнический институт)

Насыпи и выемки лесовозных дорог нередко устраивают в глинистых и часто в пылеватых грунтах, легко подвергающихся деформациям при переувлажнении. Существующие способы их укрепления трудоемки и дорогостоящи, а оставленное без укрепления земляное полотно часто деформируется и на ремонт его затрачивают большие средства. Ввиду этого искусственное закрепление глинистых и пылеватых грунтов на лесовозных дорогах имеет практическое и экономическое значение. Возможность электрохимического закрепления грунтов путем придания грунтам способности сопротивляться разрушающему действию воды неоднократно исследовали многие ученые. Теоретическое обоснование электрохимического метода было дано Энделем и Гофманом применительно к условиям закрепления глин в кислой зоне. Их теория, вследствие неполноценности, явилась, в известной степени, тормозом в продвижении этого метода в практику. Однако недостатки их теории устраняются, если исходить из принципов, основанных на формировании новообразований цементирующих веществ и минералов и на периодической смене полярности постоянного тока. Результаты опытных работ подтвердили происходящее под действием постоянного электрического тока преобразование слабых глинистых грунтов в условиях их естественного залегания. Эти опыты были проделаны при закреплении откоса реки Повью при строительстве лесовозной железной дороги Микунь—Кослан, а также при строительстве Няндомской узкоколейной лесовозной железной дороги. Ниже приведены результаты этого опыта.

Перед полевым закреплением грунтов в естественном залегании были проведены лабораторные исследования, направленные на изучение основных физико-механических свойств грунтов. Устанавливали также границы устойчивого электрохимического закрепления в зависимости от гранулометрического состава грунта и естественной влажности. Изучали влияние электрохимического закрепления на изменение основных физико-механических характеристик грунта. С изменением влажности, пористости, а также химического состава грунта меняются показатели его сопротивления сдвигу: как правило, увеличивается сцепление и в большинстве случаев уменьшается угол внутреннего трения. Основным показателем возможности получения устойчивого закрепления является количественное содержание в грунте частиц размером менее 0,01 мм. Опытом подтверждено, что если такие частицы составляют 55% и более,

то грунт может быть закреплен устойчиво при минимальных затратах тока. При меньшем содержании устойчивое закрепление грунта невозможно. Одновременно с электрохимическим преобразованием происходит интенсивное осушение грунта. Последнее наблюдается не только между разноименными электродами, но и распространяется вокруг каждого из них, в радиусе 0,35—0,4 расстояния между разноименными электродами. Количество выделяющейся из грунта воды пропорционально количеству электричества. Эффект применения электрохимического способа зависит от химического состава грунтов. На качество и скорость закрепления оказывает сильное влияние количество и концентрация раствора применяемого электролита.

Наилучшим электролитом является 3—5%-ный водный раствор хлористого кальция, который вводят в количестве 1,3—1,8 кг безводной соли на 1 м³ грунта. Электролит такой концентрации увеличивает электропроводность грунта и сокращает общую затрату тока на закрепление, способствует цементации в катодной зоне и коагуляции в анодной и усиливает замещение поглощенных оснований, что приводит к увеличению водостойкости и значительному улучшению результатов закрепления грунтов. В опытах с большей концентрацией электролита улучшения степени закрепления мы не наблюдали.

Как показали опыты, проведенные с различными электродами (медные, алюминиевые и железные), последние влияют на качество работ. Применение железных электродов способствует наибольшему осушению, алюминиевых — меньшему, но более долговременному закреплению. Введение в грунт электролита при использовании железных электродов приводит к хорошим результатам закрепления.

Опыт многих исследователей и результаты наших лабораторных наблюдений позволили перейти к опытным работам в производственных условиях. Ниже приведены результаты опытных работ, проведенных в полевых условиях с различными грунтами.

1. Закрепление грунтов на Няндомской лесовозной узкоколейной железной дороге

Работу по закреплению неустойчивых грунтов лесовозных железных дорог мы проводили в период с 1957 по 1958 г. на Няндомской лесовозной железной дороге, насыпь которой отсыпана из местных пылеватых суглинков ледникового происхождения, со следующими физико-механическими свойствами: содержание фракций 2—1 мм — 1%; 1—0,5 мм — 2%; 0,5—0,25 мм — 1%; 0,25—0,1 мм — 2%; 0,1—0,05 мм — 5%; 0,05—0,01 мм — 27%; 0,01—0,002 мм — 42%; менее 0,002 — 20%; предел текучести — 29; предел пластичности — 21; число пластичности — 8; объемный вес — 1,99 г/см³; удельный вес — 2,7 г/см³; сопротивление сдвигу: угол внутреннего трения — 19°; сцепление — 0,08 кг/см².

Естественная влажность закрепляемого грунта приближалась к пределу текучести, а иногда и превышала его. Возможность устойчивого закрепления вначале проверяли в лаборатории, и если опыты показывали положительные результаты, приступали к закреплению грунта в естественном залегании. Глубину закрепления в каждом случае принимали свою. Электроды располагали по трехрядной схеме, с анодным рядом по оси участка. В каждом ряду забивали по 20 трубчатых железных перфорированных электродов диаметром 25—30 мм на расстоянии 0,50—0,60 м друг от друга. Расстояние между рядами принимали 1,5 м. Объем закрепляемого грунта 52 м³. Фактическая затрата электрической энергии на 1 м³ грунта составила 45 квт·ч. Через анодные

электроды в грунт вводили 4%-ный раствор хлористого кальция. Выделяющуюся на катодах воду откачивали ручным насосом. По окончании работ отобранные пробы закрепленного грунта анализировали. Прочность на одноосное сжатие водонасыщенных образцов глины составляла в катодной зоне $9,5 \text{ кг/см}^2$, в анодной — $6,4$. Испытания грунтов подтвердили устойчивый характер закрепления. Об этом свидетельствовали образцы, сохранившиеся в воде в неразмокшем состоянии более трех месяцев, тогда как образцы незакрепленного грунта полностью размокли в первые сутки.

Сцепление грунта после закрепления увеличилось с $0,04$ — $0,10$ до $0,15$ — $0,25 \text{ кг/см}^2$. В связи с односторонней направленностью процессов и реакцией грунт в большей степени закрепляется в катодной зоне и в меньшей — в анодной. Это явление мы устраняли путем периодической смены полярности, то есть ток подавали в виде отдельных знакопеременных импульсов. Это дало нам возможность достичь более равномерного закрепления грунта во всем объеме между электродами. При знакопеременных импульсах мы получали закрепление, характерное для катодной зоны. Закрепленные таким способом глины с электролитом имели прочность на сжатие 12 — 15 кг/см^2 . Максимальный прирост прочности достигался в первые 25 — 35 час . После закрепления наблюдалось изменение коэффициента фильтрации. Например, усредненное значение коэффициента фильтрации из десяти проб составило: до закрепления $0,0952 \text{ м/сутки}$; после закрепления $0,00864 \text{ м/сутки}$.

Кроме того, мы наблюдали некоторое разуплотнение грунта, в пределах 6 — 7% , наблюдающееся в последних циклах. По нашему мнению, это происходит за счет восстановления водных оболочек после выключения тока.

2. Закрепление грунтов насыпи плотины на ст. Поэж

Физико-механические свойства грунтов следующие: содержание фракций $0,5$ — $0,25 \text{ мм}$ — $0,5\%$; $0,25$ — $0,10 \text{ мм}$ — $0,5$; $0,10$ — $0,05 \text{ мм}$ — 8 ; $0,05$ — $0,01 \text{ мм}$ — 44 ; $0,01$ — $0,002 \text{ мм}$ — 32 ; менее $0,002 \text{ мм}$ — 15% ; предел текучести — 20 ; число пластичности — 10 ; объемный вес — $1,85 \text{ Г/см}^3$; удельный вес — $2,70 \text{ Г/см}^3$; сопротивление сдвигу: угол внутреннего трения — 29° ; сцепление — $0,15 \text{ кг/см}^2$.

Исследования показали, что естественная влажность грунта на глубине 20 — 25 см от поверхности откоса весной и осенью составляла около 34% , то есть грунт находился в текучем состоянии. На откосе было забито пять рядов электродов на расстоянии $1,6 \text{ м}$ один от другого. Соотношение количества анодных электродов к катодным равнялось $1:2$. Электроды из железных перфорированных труб диаметром 25 — 30 мм забивали на глубину $1,0$ — $1,5 \text{ м}$. В качестве электролита применяли 4%-ный водный раствор хлористого кальция. В среднем через 1 м^3 грунта было пропущено $40 \text{ квт} \cdot \text{ч}$ электрической энергии. Образцы закрепленного грунта показали повышенную водостойкость. Влажность грунтов понизилась с 34 до 20 — 25% . Сцепление возросло с $0,09$ — $0,12$ до $0,15$ — $0,20 \text{ кг/см}^2$. В закрепленном грунте отмечено увеличение обменных катионов кальция и магния и уменьшение катионов калия и натрия, что является результатом замещения одновалентных ионов двухвалентными. Прочность грунта на одностороннее сжатие после закрепления составляла в катодной зоне $10,1$, в анодной $6,3 \text{ кг/см}^2$.

3. Закрепление грунтов плотины водохранилища на ст. Вежайка

Эти грунты состояли из легких суглинков со следующими физико-механическими характеристиками: содержание фракций 2—1 мм — 0,5%; 1—0,5 мм — 1,0; 0,5—0,25 мм — 4,5; 0,25—0,1 мм — 10; 0,1—0,05 мм — 12; 0,05—0,01 мм — 41; 0,01—0,002 мм — 18; менее 0,002 мм — 13%; предел текучести — 33; предел пластичности — 22; число пластичности — 8; объемный вес — 1,90 г/см³; удельный вес 2,7 г/см³; сопротивление сдвигу: угол внутреннего трения — 17—19°; сцепление — 0,18—0,25 кг/см².

Естественная влажность в весенне-летний период колебалась от 19—22 до 25—32%. Электроды располагали на полосе закрепления в три ряда — с катодным рядом по оси полосы.

Расстояние между одноименными электродами составляло 0,7 м, между рядами — 1,6 м. Закрепление проводили с применением электролита. Расход энергии в среднем равнялся 51 квт·ч на 1 м³ грунта. Прочность грунта в катодной зоне была 11,4, в анодной 7,1 кг/см².

Выводы

1. В результате проведенных новых работ установлена возможность долговременного устойчивого закрепления грунтов в условиях естественного залегания. Закреплению поддаются грунты как в естественном, так и в нарушенном состоянии.

2. Устойчивое закрепление достигается при затрате 45—55 квт·ч электроэнергии на 1 м³ грунта.

3. Процесс производства работ прост и может быть осуществлен средствами любого леспромхоза.

4. Электрохимическое обезвоживание под действием постоянного тока эффективно в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сутки, то есть в водонасыщенных пылеватых песках (пльвунах), супесях, суглинках и особенно эффективно в разжиженных глинах и илах.

5. С целью увеличения и облегчения водоотдачи одновременно с электроосмосом следует рекомендовать вакуумирование грунта, накладывая на катод иглофильтр-вакуум, который создает дополнительный градиент вокруг катода.

6. Коэффициент электроосмотической фильтрации выше у дисперсных грунтов. В наших опытах в суглинистых грунтах он увеличивался в 12—18 раз, а в глинистых до 78 раз.

7. Грунты, содержащие более 30% глинистых частиц, в результате электрохимического обезвоживания в наших опытах теряли от 40 до 55% первоначальной влаги.

8. Под действием тока вода перемещается от анода к катоду, где ее и следует отводить.

9. Закрепление можно вести в любое время года.

ТЕПЛОВОЗНАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ АЛТИ**А. В. ДУРОВ**

Доцент

В. А. АФАНАСОВ

Старший преподаватель

О. Д. ОРЛЕНКО

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Создание более совершенных локомотивов и модернизация существующих тесно связаны с научными и в первую очередь с экспериментальными исследованиями.

Экспериментальные исследования локомотивов проводят в эксплуатационных условиях (на специальных участках пути), в полуэксплуатационных (на кольце) и в лабораторных (на испытательных станциях или моделях).

Испытание локомотива на стенде имеет большие преимущества по сравнению с путевыми. Испытательная станция для узкоколейного локомотива, и в частности для тепловоза, весьма компактна и малогабаритна. С ее помощью удастся значительно легче и быстрее, чем в путевых условиях, установить, а затем поддерживать заданный постоянный режим работы тепловоза. Уменьшаются затраты времени, труда и средств на проведение опытов; имеется возможность применить более сложную и чувствительную электроизмерительную аппаратуру, а также получить результаты высокой степени точности.

Еще в 1881 г. выдающийся русский инженер А. П. Бородин организовал около г. Киева первую в мире опытную станцию по исследованию паровозов. В дальнейшем такие станции были построены в Америке, России, Германии и других странах [1].

В 1946—1948 гг. коллектив кафедры тяговых машин АЛТИ под руководством доц. К. И. Вороницына спроектировал, построил и использовал в научных и учебных целях стенд для испытания паровозов узкой колеи [3]. Мощность паровой машины снимали только с одной ведущей колесной пары и затем через ускоряющие зубчатые редукторы передавали на вал гидравлического тормоза. На этом стенде были получены тягово-теплотехнические характеристики паровозов серии 159 и ОП, а также исследована работа их отдельных узлов.

В 1948 г. в Московском высшем техническом училище им. Баумана коллектив кафедры локомотивостроения под руководством проф. И. Ф. Суровцева создал катковую станцию для исследования паровозов узкой колеи [2].

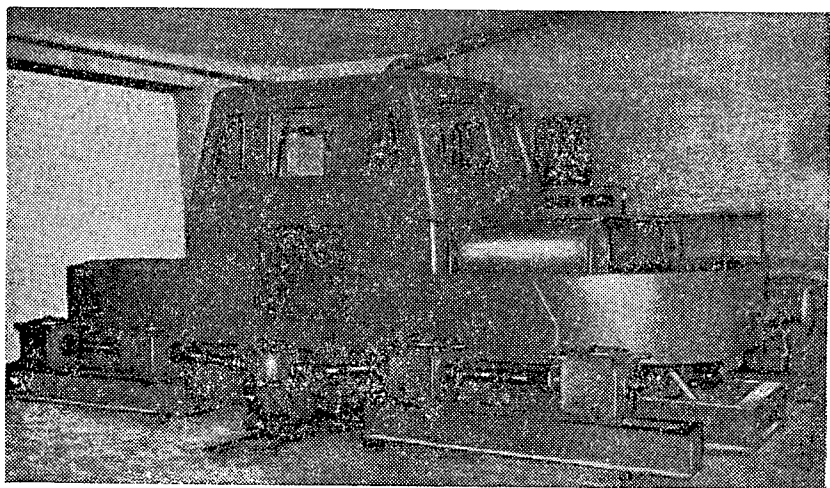


Рис. 1. Общий вид тепловозной испытательной станции АЛТИ.

Подобные станции в последующие годы были построены в Бежицком институте транспортного машиностроения, в Кременчугском железнодорожном техникуме и в г. Коломне. Коломенская катковая станция предназначалась для испытания мощных магистральных локомотивов.

В 1961—1963 гг. в АЛТИ была спроектирована и построена испытательная станция для исследований узкоколейных тепловозов, снабженных двумя двухосными тележками (рис. 1).

При проектировании этой станции в известной мере был использован опыт создания и эксплуатации паровозного стенда АЛТИ. С целью удешевления и ускорения строительства станции по возможности использовали некоторые элементы паровозного стенда (фундамент, тормозное устройство, главный вал с подшипниками). Однако кинематическая схема силовой передачи тепловозной станции была разработана на совершенно ином принципе, чем для паровозного стенда.

В состав этой станции входят следующие элементы: фундамент, рамы для крепления тележек тепловоза и редукторов стенда, силовая передача стенда, тормозное устройство, пульт управления работой двигателя тепловоза, контрольно-измерительная аппаратура.

Фундамент стенда (рис. 2) выполнен в виде железобетонного монолита, опирающегося на деревянные сваи. К верхним поперечным балкам фундамента приварены две рамы для установки тележек тепловоза и две рамы для редукторов стенда. Каждая выполнена из двух продольных швеллерных балок, связанных по длине поперечинами.

Кинематическая схема силовой передачи стенда показана на рис. 3. Тепловоз, вместе с колесными парами и буксами, рамами обеих тележек жестко соединяется с рамами стенда.

Ось 1 каждой колесной пары посредством глухой муфты 2 и карданной передачи 3 аксиально соединяется с коническим зубчатым редуктором 4. В качестве последнего использован межосевой редуктор узкоколейного тепловоза ДМ-54 с передаточным числом равным 1:1. Крайние редукторы стенда посредством карданных передач 5 соединяются со средними редукторами. Эти редукторы при помощи таких же карданных передач 5 соединяются с центральным редуктором 6. Карданные передачи взяты от автомобиля МАЗ-200. В качестве центрального редуктора использована главная передача автомобиля МАЗ-205,

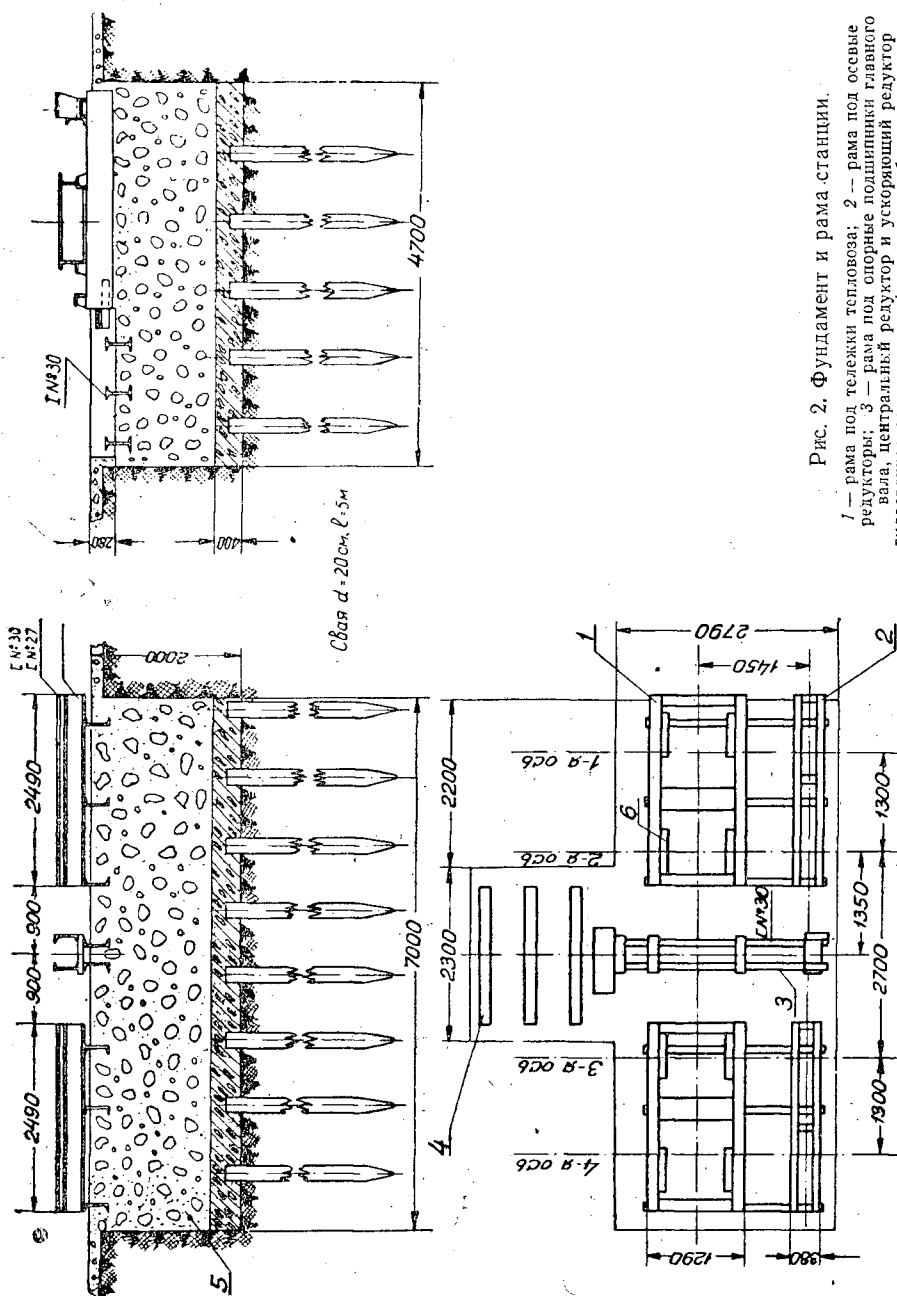


Рис. 2. Фундамент и рама станции.
 1 — рама под тележки тепловоза; 2 — рама под осевые редукторы; 3 — рама под опорные подшипники главного вала, центральный редуктор и ускоряющий редуктор гидравлического тормоза; 4 — опорные балки гидравлического тормоза; 5 — фундамент; 6 — опоры для букс.

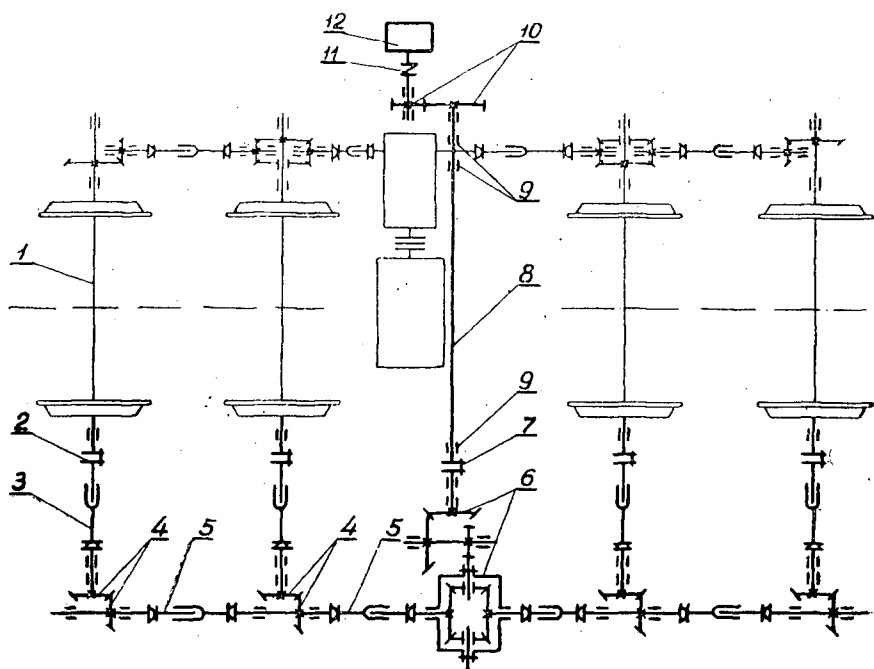


Рис. 3. Кинематическая схема стэнда для испытания тепловозов.

имеющая передаточное число 8,96. Наличие в центральном редукторе дифференциала облегчает монтаж карданных и конических зубчатых сочленений и обеспечивает равномерное распределение нагрузки между редукторами передней и задней тележек тепловоза.

От центрального редуктора через муфту 7 крутящий момент передается на главный вал стэнда 8. Этот вал вращается в трех конических роликовых подшипниках 9, вмонтированных в чугунные корпуса. От главного вала через редуктор 10 и втулочно-пальцевую муфту 11 крутящий момент передается на вал гидравлического тормоза 12, которым загружают двигатель тепловоза. Редуктор 10 имеет передаточное число 4,33. Общее передаточное число силовой передачи стэнда — 38,8. Оно позволяет использовать нагрузочную характеристику гидротормоза для малых скоростей движения тепловоза. При скоростях движения тепловоза выше 10 км/час главный вал стэнда через муфту 11 соединяется непосредственно с тормозом ЛЕ-4-53, изготовленным учебно-производственными мастерскими Московского авиационного института. Передаточное число силовой передачи стэнда в этом случае составляет 8,96.

Для питания тормоза водой установлен питательный бак на высоте 4,5 м от оси тормоза. Вода к баку подается из водопровода. Постоянный уровень воды в баке поддерживается поплавковым устройством. Отработавшая вода из тормоза отводится в канализационную сеть или при необходимости с помощью насоса возвращается обратно в питательный бак.

В настоящее время на испытательной станции установлен тепловоз ТУ^м-4 (2—2), спроектированный и изготовленный в АЛТИ.

Перед установкой на тепловоз с его двигателя на электротормозном стэнде СТЭУ-28 была снята внешняя скоростная характеристика. Полученные данные по изменению крутящего момента двигателя в зависимости от числа оборотов могут быть использованы для определения общего механического к. п. д. силовой передачи тепловоза и стэнда.

На пульте управления работой двигателя размещены приборы для измерения числа оборотов двигателя, температур уходящих газов, масла в картере, воды в системе охлаждения, а также акселератор, включатель стартера и т. п.

При проектировании испытательной станции учитывали возможность использования ее для проведения опытов с другими, более мощными тепловозами узкой колеи типа 2—2, в частности с тепловозами ТУ-4 с гидромеханической передачей, которые сейчас поступают на узкоколейные дороги. При установке на стенд тепловоза другой серии сохраняются все узлы силовой передачи стенда, а расстояние между его осевыми редукторами 4 можно легко изменить за счет длины карданных валов 5.

На испытательной станции могут быть получены тягово-энергетические показатели тепловоза, исследованы нагрузочные и тепловые режимы работы узлов силовой передачи, изучена работа некоторых элементов тормозной системы и проведен ряд других научно-исследовательских работ.

Номенклатура контрольно-измерительных приборов для проведения этих работ будет определяться методикой и задачами исследований.

Испытательная станция, помимо научной ценности, имеет большое значение для учебного процесса. Ее предполагается использовать для лабораторных занятий студентов, так как основные сборочные узлы тепловоза (двигатель, муфта сцепления, коробка перемены передач) характерны также и для автомобилей.

В процессе освоения станции установлено, что она работает вполне удовлетворительно.

Проектирование, постройку и освоение испытательной станции осуществил коллектив кафедры тяговых машин АЛТИ в следующем составе: зав. кафедрой А. В. Дуров (руководитель работ), старший преподаватель В. А. Афанасов, преподаватели О. Д. Орленко, Б. Б. Демидовский, Е. П. Алексеев. Монтаж узлов станции осуществил механик И. Ф. Ваенский.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. В. Коншин. Испытательные локомотивные станции. Журн. «Локомотивостроение» № 4, 1933. [2]. Д. М. Лукичев, В. А. Никоноров, А. Г. Распопов. Паровозная катковая станция МВТУ. Сб. «Паровозостроение», МВТУ, Машгиз, 1955. [3]. Результаты испытаний легкого паровоза серии ОП. Отчет НИСа АЛТИ, 1951.

Поступила в редакцию
23 декабря 1963 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАК ПОДШИПНИКОВОГО
МАТЕРИАЛА**П. Н. ХУХРЯНСКИЙ**

Профессор, доктор технических наук

Л. Ф. ЯНИН

Инженер

(Воронежский лесотехнический институт)

В настоящее время прессованная древесина широко применяется в узлах трения как заменитель дорогостоящих цветных металлов. Если учесть, что в современных машинах подшипниковые узлы работают при различных скоростных режимах, то при замене металла прессованной древесиной в первую очередь необходимо определить тепловую напряженность подшипникового узла, так как теплопроводность прессованной древесины в десятки раз меньше теплопроводности металлов. Повышение температуры смазочного слоя в подшипнике выше 60°С нежелательно, так как при этой температуре в некоторых маслах разделяющая масляная пленка между валом и подшипником разрывается, смазывающая способность масла сильно ухудшается, что приводит к перегреву подшипникового узла и к выводу его из строя. Следовательно, только тепловой расчет позволит определить возможность замены металла прессованной древесиной или решить вопрос об охлаждении или конструктивном изменении узла трения с целью снижения его тепловой напряженности. Для проведения такого расчета необходимо знать теплофизические коэффициенты прессованной древесины с учетом специфики ее работы в узлах трения.

Анализируя работу подшипникового узла, можно установить, что теплофизические свойства прессованной древесины зависят от ряда параметров: породы, степени и вида прессования, температуры, пропики смазочными маслами. Кроме того, втулки и вкладыши, имея толщину стенок 3 — 25 мм, работают с различным направлением волокон по отношению к действующей нагрузке (вдоль и поперек волокон), а так как анизотропия древесины проявляется не только в ее строении, но и в физико-механических свойствах, то, следовательно, коэффициенты теплопроводности λ и температуропроводности a будут различными в зависимости от направления волокон.

Таким образом, прессованная древесина с учетом специфики ее работы в узлах трения представляет собой очень сложный объект исследования. Поэтому для изучения ее теплофизических свойств следует выбрать такие методы, которые позволили бы наиболее полно выявить свойства древесины, а сами методы были бы скоростными,

ввиду необходимости большого количества экспериментов. Для определения теплофизических коэффициентов различных технических материалов применяют методы: 1) стационарного теплового режима; 2) регулярного режима; 3) квазистационарного режима; 4) основанные на определении параметров нестационарного температурного поля в первой стадии его развития.

Сопоставляя особенности этих методов [4], [5], [7], [8] и учитывая при этом специфичность исследуемого объекта и необходимость проведения массовых испытаний, а также проведя целый ряд предварительных испытаний, для определения коэффициента теплопроводности λ мы приняли метод плоского бикалориметра, основанный на теории теплового регулярного режима. Этот метод отвечает большинству поставленных задач, а именно: 1) образцы для испытаний можно изготавливать толщиной 3—25 мм с учетом анизотропии строения древесины; 2) эксперимент проводят за короткий промежуток времени при сравнительно небольших температурных градиентах, что позволяет исследовать миграция воды, масла и их паров по толщине образца; 3) спай термомпары не нужно вводить в тело исследуемого образца; 4) образцы не нужно покрывать водостойкими пленками.

Теплоемкость c мы определяли прямым калориметрированием, а коэффициент температуропроводности a — по формулам связи тепловых коэффициентов.

Для определения коэффициента теплопроводности по методу плоского бикалориметра необходимо иметь два тождественных образца, изготовленных в виде квадратных пластин или плоских дисков (мы использовали образцы в виде квадратных пластин $50 \times 50 \times 3$ мм трех типов — с параллельным \parallel , тангенциальным τ и радиальным \perp направлениями волокон по отношению к распространению тепла). Для выполнения всего комплекса намеченных испытаний необходимо иметь определенное количество образцов (двойных). Ввиду того, что теплофизические свойства прессованной древесины зависят от ряда факторов, учесть которые не всегда представляется возможным, при вычислении средней величины коэффициента теплопроводности необходимо применять методы вариационной статистики. Количество образцов, необходимых для получения результата с точностью $P = 5\%$, определяется по формуле $n = \frac{V^2}{P^2}$, где V — коэффициент изменчивости, который обычно берется по ГОСТу 6336—52 при изучении физико-механических свойств древесины. Проведя предварительные испытания, мы пришли к выводу, что V можно принять ориентировочно равным $\approx 16\%$. В связи с тем, что древесина осины и березы наиболее часто используется при изготовлении подшипников из прессованной древесины, при определении теплофизических свойств мы ограничились этими породами. В табл. I приведено количество образцов (двойных) березы, взятых для исследований.

В узлы трения ставят прессованную древесину с объемным весом, большим 1000 кг/м^3 , поэтому все исследования мы проводили в интервале объемных весов, равном $900—1200 \text{ кг/м}^3$.

Порядок проведения испытаний следующий: 1) определяли коэффициент теплопроводности λ в зависимости от объемного веса γ для всех трех направлений в интервале температур $30—90^\circ \text{C}$ при влажности $W = 0\%$. Этому испытанию подвергали все образцы; 2) определяли коэффициент теплопроводности λ в зависимости от γ для всех трех направлений в интервале температур $30—90^\circ \text{C}$ при влажности

Таблица 1

Объемный вес, кг/м ³	Тип образца							
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
	10	10	10	10	60	60	60	60
τ	10	10	10	10	60	60	60	60
⊥	10	10	10	10	60	60	60	60
Итого	30	30	30	30	180	180	180	180

$W = 5\%$. Для проведения этих испытаний отбирали 10 образцов для каждого направления; 3) эти же образцы (которые использовали при определении λ по пункту 2) доводили до влажности 10 и 15% и с ними проводили те же самые эксперименты, что и в предыдущем случае; 4) оставшиеся образцы группировали по 10 штук в партии и пропитывали следующими смазочными маслами: веретенным 3В, машинным СВ, дизельным (летним), солидолом синтетическим (УС_с — 2), нигролом. После пропитки определяли коэффициент теплопроводности в зависимости от температуры в интервале 30—90° С.

Для изготовления образцов мы использовали реечный метод, лежащий в основе разделки кряжей и досок на образцы (ГОСТ 6336—52). Вырезанные рейки подвергали разным степеням прессования, из этих реек затем изготавливали образцы трех типов (с параллельным, тангенциальным и радиальным направлениями волокон по отношению к распространению тепла). Все измерения по определению геометрических размеров образцов, объемного веса и влажности проводили также в соответствии с ГОСТом 6336—52.

Результаты исследования

Опыты позволили установить определенные закономерности, которым подчиняются тепловые свойства прессованной древесины (в интервале объемных весов $\gamma = 900—1200$ кг/м³) в зависимости от степени прессования, направления волокон, температуры и пропитки смазочными маслами. Рассмотрим в отдельности влияние каждого фактора. Значения тепловых свойств, определенных при $\gamma = 900$ кг/м³, принимаем за 100%.

Влияние породы на тепловые свойства прессованной древесины нам не удалось установить ввиду того, что испытания проводили только на образцах, изготовленных из березы и осины. Численные значения теплофизических коэффициентов λ , a , и c (при прочих равных условиях), полученные в результате эксперимента для обеих пород, были близки и различались между собой на 5—8%. Поэтому для удобства технических расчетов на графиках (рис. 1—6) представлены осредненные значения коэффициентов безотносительно к породе.

Влияние направления волокон. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности древесины в трех основных ее направлениях отличаются друг от друга $\lambda_{||} > \lambda_{\tau}; \lambda_{||} > \lambda_{\perp}$ (и соответственно $a_{||} > a_{\tau}; a_{||} > a_{\perp}$). Это же соотношение сохранилось и при прессовании древесины. Различие коэффициентов в тангенциальном и радиальном направлениях составляет несколько процентов, так что практически их можно считать равными ($\lambda_{\tau} \approx \lambda_{\perp}$ и $a_{\tau} \approx a_{\perp}$). На этом основании для прессованной древесины в дальнейшем мы будем различать два направления: параллельно волокнам (вдоль волокон) и перпендикулярно

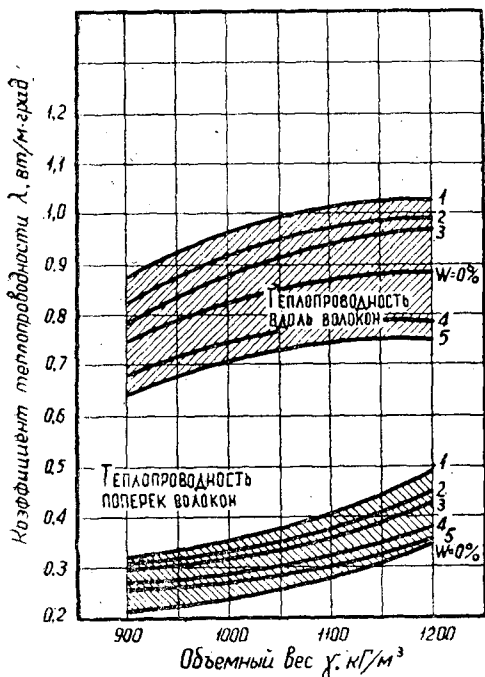


Рис. 1. Теплопроводность прессованной древесины, пропитанной смазочными маслами, в зависимости от объемного веса. 1 — веретенное 3В; 2 — машинное СВ; 3 — дизельное; 4 — солидол синтетический (УС_с — 2); 5 — нигрол.

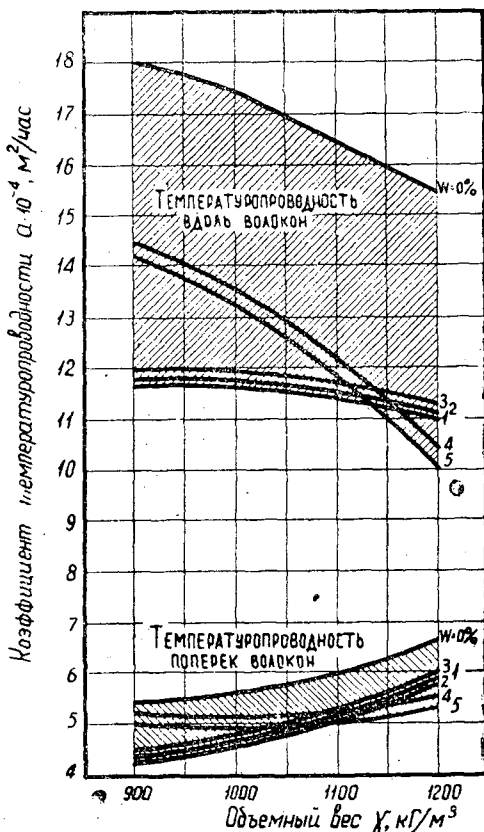


Рис. 2. Температуропроводность прессованной древесины, пропитанной смазочными маслами, в зависимости от объемного веса. Обозначения те же.

волокнам (поперек волокон) (рис. 1 и 2). Отношение коэффициентов теплопроводности в этих направлениях $\frac{\lambda_{\parallel}}{\lambda_{\perp}} = 2 \div 3$ (и соответственно

$\frac{a_{\parallel}}{a_{\perp}} = 2 \div 3$). Как показали опыты, величина отношения $\frac{\lambda_{\parallel}}{\lambda_{\perp}}$ при увеличении степени прессования уменьшается от 3,2 до 2,5 для сухой древесины и от 2,65 до 2 для древесины, пропитанной смазочными маслами.

Влияние степени прессования. При увеличении степени прессования коэффициент теплопроводности увеличивается как вдоль, так и поперек волокон. Интенсивность увеличения λ в этих направлениях различна и составляет для λ_{\parallel} примерно 6, а для λ_{\perp} — 17% при увеличении объемного веса на каждые 100 кг/м³ в интервале от 900 до 1200 кг/м³.

Коэффициент температуропроводности при увеличении степени прессования вдоль волокон уменьшается, а поперек волокон — увеличивается. Характер изменения a зависит также и от пропитки материала смазочными маслами. Так, при пропитке жидкими минеральными

маслами (веретенное ЗВ, машинное СВ, дизельное) a_{\parallel} уменьшается незначительно, а при пропитке солидолом и нигролом резко падает и составляет примерно 10% на каждые 100 кг/м^3 увеличения объемного веса. Изменение a_{\perp} при возрастании объемного веса носит обратный характер: при пропитке жидкими минеральными маслами происходит увеличение a_{\perp} на 10, а при пропитке солидолом и нигролом — на 2% на каждые 100 кг/м^3 увеличения объемного веса.

Теплоемкость сухой прессованной древесины почти не зависит от степени прессования ($c = 1,7 \text{ кдж/кг} \cdot \text{град}$). С увеличением степени прессования ($\gamma = 900 - 1200 \text{ кг/м}^3$) при пропитке жидкими минеральными маслами величина теплоемкости уменьшается от 2,8 до 2,4 $\text{кдж/кг} \cdot \text{град}$, при пропитке же солидолом и нигролом увеличивается от 1,9 до 2,2 $\text{кдж/кг} \cdot \text{град}$.

Пропитка смазочными маслами. Исследования показали, что при пропитке прессованной древесины смазочными маслами общей закономерностью является увеличение коэффициентов теплопроводности вдоль и поперек волокон. Наибольшее увеличение коэффициентов теплопроводности наблюдается при пропитке жидкими минеральными маслами и для λ_{\parallel} составляет 20, для λ_{\perp} — 45% (по отношению к непропитанной древесине при прочих равных условиях). Коэффициент температуропроводности при пропитке прессованной древесины смазочными маслами вдоль волокон уменьшается на 40, поперек волокон — на 20% (по отношению к непропитанной древесине при прочих равных условиях).

Влияние температуры. С ростом температуры коэффициент теплопроводности вдоль волокон увеличивается на 3—5, а поперек волокон — на 5—8 на каждые 10°C увеличения температуры; коэффициент температуропроводности вдоль волокон увеличивается на 4—5, поперек волокон — на 2—3% на каждые 10°C увеличения температуры.

Для удобства нахождения величин коэффициентов теплопроводности и температуропроводности в зависимости от степени прессования, пропитки смазочными маслами, температуры и направления волокон мы составили графики, которые приведены на рис. 3, 4, 5 и 6. Например, требуется определить коэффициент теплопроводности поперек волокон при объемном весе $\gamma = 1150 \text{ кг/м}^3$, влажности древесины $W = 0\%$ и температуре, равной 45°C . По графику (рис. 3) находим, что $\lambda_{\perp} = 0,26 \text{ вт/м} \cdot \text{град}$; последовательность нахождения λ_{\perp} указана на графике штриховой линией со стрелками.

Полученный цифровой материал и закономерность изменения теплофизических характеристик прессованной древесины в зависимости от целого ряда параметров могут быть использованы при некоторых технических расчетах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Ф. Бегункова. Погрешности метода плоского бикалориметра регулярного режима. Сб. трудов ЛИТМО, вып. 20, Машгиз, 1956. [2] Л. С. Блох. Основные графические методы обработки опытных данных. Машгиз, М.-Л., 1951. [3] ГОСТ 6336—52. Методы физико-механических испытаний древесины, М., 1955. [4] Г. М. Кондратьев. Регулярный тепловой режим. Гостехиздат, М., 1954. [5] М. В. Коровчинский. Теоретические основы работы подшипников скольжения. Машгиз, М., 1959. [6] Н. Л. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Гослесбумиздат, М.-Л., 1961. [7] В. К. Петриченко. Антифрикционные материалы и подшипники скольжения. Машгиз, М., 1954.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМОСМАЗЫВАЮЩЕЙСЯ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАК МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

А. П. АРХИПОВА

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

В современном машиностроении большое значение приобрели неметаллические конструкционные материалы — пластмассы. Особое место среди них занимает прессованная древесина — пластик, изготовляемый без применения дорогостоящих синтетических смол.

Как показал опыт многих промышленных предприятий, прессованная древесина — высококачественный заменитель цветных металлов, текстолита и других дорогостоящих и дефицитных материалов. Но несмотря на ряд ценных свойств, она еще недостаточно широко внедряется в народное хозяйство, потому что мало известны способы ее изготовления, недостаточно изучены свойства и особенности поведения при эксплуатации и переработке в изделие. Существует несколько методов прессования древесины, отличающихся режимами тепловой обработки; при этом древесина получается различного качества.

В 1961 г. на одном из заводов был создан экспериментальный участок, на котором под руководством доц. лесотехнической академии В. В. Денисенко была разработана простая технология прессования древесины [3]. При этом были учтены положительные результаты, полученные Н. Н. Орловым [5], Н. Т. Нысенко [4] и др. при прессовании древесины с предварительной пропиткой минеральными маслами. Такую древесину, спрессованную с предварительной проваркой в масле, называют «самосмазывающейся» древесиной прессованной или СДП.

Так как производственные испытания деталей из СДП дали положительные результаты, то в целях более широкого внедрения их в машиностроение была поставлена задача детального изучения физико-механических свойств СДП, без знания которых невозможно создание надежных методов расчета деталей машин из этого материала.

Исследование физико-механических свойств СДП было проведено в лаборатории сопротивления материалов Ленинградской лесотехнической академии и в заводской лаборатории. Методика исследования была составлена с учетом требований ГОСТов 9620—61 — 9629—61 («Древесина слоистая клееная. Методы испытаний») и «Древесина прессованная»).

Образцы для испытаний были изготовлены из прессованной древесины березы одноосного прессования. Влажность СДП 2—4%, степень прессования 45—50%, объемный вес 1,1—1,2 г/см³. Всего было

испытано более 200 образцов. Отклонения от номинальных размеров образцов допускались не более 0,5 мм. Особое внимание уделяли правильной ориентации волокон древесины относительно геометрических осей образца, что было необходимо для выявления анизотропии свойств СДП и уменьшения разброса экспериментальных данных.

При обработке результатов испытаний применяли методы вариационной статистики, при помощи которых определяли необходимое число образцов с учетом вариационного коэффициента и показателя точности данных опытов (не более 5%). Строгое соблюдение правильной ориентации волокон древесины в образцах позволило получить достаточную точность экспериментальных данных при количестве образцов меньшем, чем это требует ГОСТ 6336—52, за счет уменьшения коэффициента вариации для прессованной древесины по сравнению с натуральной древесиной, что можно видеть, например, из табл. 1. За наиболее вероятное значение измеряемой величины принималось среднее арифметическое ряда отдельных измерений. Вычисление (на основе теории приближенных вычислений) абсолютных и относительных погрешностей измерений показало, что опытные величины определены с достаточной точностью измерений и подсчетов при проведении опытов и обработке их результатов.

Таблица 1

Статистические показатели	Сжатие вдоль волокон	Сжатие поперек волокон	Сжатие под углом 45° к волокнам	Растяжение вдоль волокон	Скальвание вдоль волокон	Изгиб радиальный	Изгиб тангентальный	Ударная вязкость в тангентальном направлении	Ударная вязкость в радиальном направлении
Число образцов в испытаниях	8	7	6	8	10	5	7	10	9
Среднее арифметическое значение характеристики ($кг/см^2$ и $кгм/см^2$)	1150	620	250	1614	100	1350	2000	94,0	43,0
Среднее квадратичное отклонение	68	18,9	11,4	58,6	9,1	33,9	35,8	8,85	4,38
Средняя ошибка	24	7,15	4,65	20,7	2,88	15,1	13,5	2,8	1,46
Вариационный коэффициент, %	6	3	5,2	3,6	9,1	2,5	1,8	9,4	10,15
Показатель точности, %	2,1	1,2	2,1	1,3	2,9	1,1	0,7	2,98	3,4

Объемный вес и влажность СДП определяли на образцах размерами $50 \times 50 \times 20$ мм, а влагопоглощение, водопоглощение и объемное разбухание на образцах размерами $4 \times 20 \times 80$ мм.

Испытания показали, что СДП не обладает влагостойкостью. Объемное разбухание образцов при относительной влажности воздуха 100% составляло в среднем 39% за 24 часа, а в воде при комнатной температуре — 99% за это же время. Кривая объемного разбухания представлена на рис. 1. Увеличение объема происходит в основном за счет увеличения размера образца в радиальном направлении, то есть в направлении прессования. Но хотя СДП не обладает влагостойкостью, ее стабильность при комнатной температуре и нормальной влажности воздуха выше, чем у древесины марки ДП-О ГОСТ 9629—61, так как вследствие своей низкой влажности СДП не усыхает и не растрески-

вается при хранении. Заполнение полостей древесины маслом несколько предохраняет ее от разбухания при увеличении влажности окружающего воздуха и делает возможным длительное хранение СДП без какой-либо консервации.

Исследование коэффициента трения скольжения было проведено по схеме «кольцо — ролик» на машине «МИ-ИМ». Из СДП было изготовлено кольцо, набранное из двенадцати секторов, склеенных эпоксидной смолой ЭД-5. Определяли коэффициент трения скольжения пары — торцовая поверхность древесины прессованной — сталь — в условиях работы без смазки (на самосмазке) и при смазке машинным маслом марки «индустриальное 20». В месте контакта вала и кольца температуру замеряли термпарой. По результатам испытаний построена кривая зависимости коэффициента трения скольжения СДП от величины удельного давления, представленная на рис. 2.

Коэффициент трения СДП на самосмазке при удельном давлении 15—20 кг/см² можно принять в пределах 0,064—0,067, при смазке машинным маслом — в пределах 0,054—0,056.

Предел прочности при сжатии определяли для трех направлений: вдоль волокон, поперек волокон и под углом 45° к волокнам древесины. Испытания проводили на образцах размерами 15 × 15 × 22,5 мм.

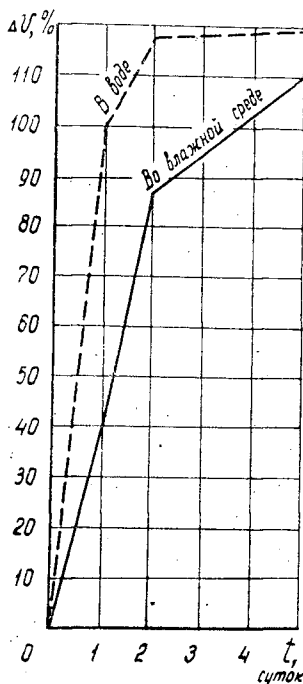


Рис. 1.

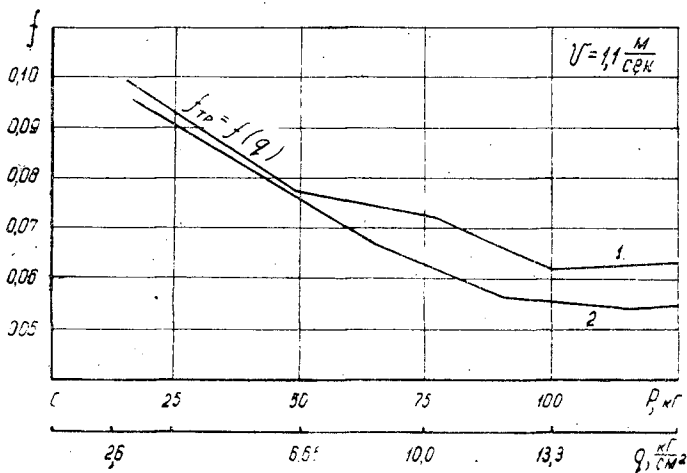


Рис. 2.

Исследование прочности позволило определить степень анизотропии СДП (как отношение пределов прочности при сжатии вдоль и поперек волокон), равную 1,8, а также изучить изменение пределов прочности

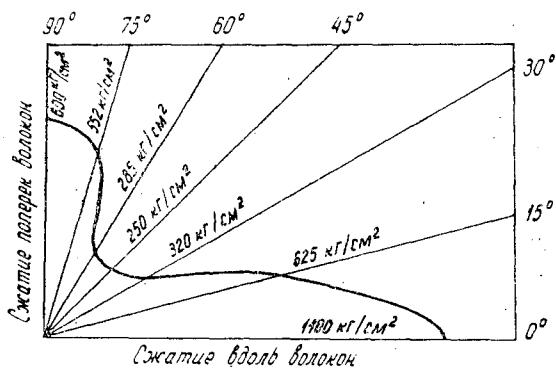


Рис. 3.

при сжатии СДП под произвольными углами к волокнам, в результате чего была построена полярная диаграмма, изображенная на рис. 3. Значения пределов прочности на диаграмме вычислены на основании формул преобразования компонент тензора 4-го ранга при повороте осей координат [1].

Пределы прочности при статическом и динамическом изгибах определяли на образцах размерами $225 \times 15 \times 15$ мм для тангентального и радиального направлений, предел прочности при растяжении и при скалывании — для направления вдоль волокон древесины.

Испытания показали, что СДП обладает низкой прочностью на скалывание вдоль волокон. Это объясняется, видимо, высокими температурными режимами прессования и уменьшением связи между волокнами за счет внедрения масла в древесину.

Результаты статистической обработки пределов прочности и ударной вязкости СДП приведены в табл. 1.

Твердость СДП исследовали вдавливанием в образец стального закаленного шарика диаметром 10 мм при выдержке в течение 1 мин под давлением 50—125 кг. Твердость торцевой поверхности образцов из СДП оказалась равной 8—12 кг/мм², радиальной и тангентальной — 6—8 кг/мм².

Упругие постоянные СДП были исследованы в главных направлениях упругой симметрии древесины. Так, при сжатии модуль упругости был определен в направлениях вдоль и поперек волокон, а при изгибе — для тангентального и радиального направлений. Модуль упругости при растяжении и коэффициент Пуассона были определены только для направления вдоль волокон. При исследовании упругих постоянных применяли механические тензометры типа Гугенбергера и электротензометры, рабочей частью которых являлись провололочные датчики сопротивления, наклеенные на поверхность образцов из СДП. Расхождение между значениями модулей упругости, определенными механическими и электрическими методами, не превышало 5%, то есть находилось в пределах точности измерений.

Средние арифметические значения упругих постоянных СДП, полученные на основании исследований, приведены в табл. 2.

Коэффициент Пуассона для СДП при сжатии вдоль волокон оказался равным 0,45.

Усталостную прочность СДП (в отличие от классического «велеровского» способа усталостных испытаний на круглых образцах) определяли на плоских образцах в условиях линейного напряженного со-

Таблица 2

Вид деформации	Модули упругости, кг/см ²
Сжатие вдоль волокон . . .	2,74.10 ⁵
Сжатие поперек волокон . . .	1,39.10 ⁴
Растяжение вдоль волокон . . .	2,2.10 ⁵
Изгиб радиальный	1,6.10 ⁵
Изгиб тангентальный	2,41.10 ⁵

стояния на машине конструкции И. П. Боксберга, так как на вращающихся круглых образцах из анизотропных материалов не удается точно определить напряжения, вызвавшие появление усталостной трещины.

Было испытано 20 образцов размерами 250 × 5 × 30 мм. Направление волокон в образцах совпадало с продольной геометрической осью образца. Предел выносливости при изгибе определяли при симметричном цикле с частотой 1000 циклов/мин и базой испытаний 10⁷ циклов. Величину напряжений в образце вычисляли по заданной величине прогиба образца из формул сопротивления материалов для чистого изгиба.

Обработку результатов и построение усталостных кривых проводили по методике А. К. Митропольского [2]. Кривые усталостной изгибной прочности СДП показаны на рис. 4.

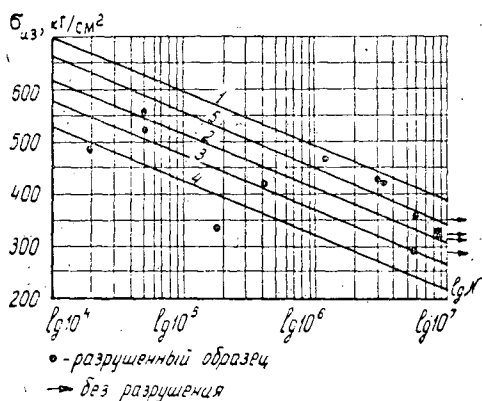


Рис. 4. Вероятность разрушения:
1 — 4,6%; 2 — 50%; 3 — 68,3%;
4 — 95,4%.

Предел выносливости СДП при чистом симметричном изгибе поперек волокон в радиальном направлении оказался равным 320 кг/см².

Кривая усталости СДП в координатах $\sigma_{из} \rightarrow N$ выражается уравнением $\sigma_{из}^9 N = 10^{28,97}$

На основании анализа экспериментальных данных можно сделать следующие выводы.

1. Самосмазывающаяся прессованная древесина (СДП) найдет широкое применение в машиностроении как достаточно прочный, дешевый, легкодоступный конструкционный материал. Так, многие характеристики ее свойств, например, пределы прочности: при сжатии вдоль волокон, при тангентальном изгибе, при растяжении; ударная вязкость, коэффициент трения скольжения пары сталь — СДП без смазки

не уступают и даже превосходят характеристики многих пластмасс, применяемых в современном машиностроении.

2. Анизотропия, низкая сопротивляемость скалыванию вдоль волокон, способность к распрессовке во влажной среде являются отрицательными свойствами СДП, которые необходимо учитывать при применении последней в качестве конструкционного материала. Зная свойства СДП и наиболее рационально располагая волокна древесины в деталях при конструировании, можно избежать влияния отрицательных свойств СДП на работоспособность деталей из нее.

3. Изучение физико-механических свойств СДП показало, что, пренебрегая различием в ее свойствах по радиальным и тангентальным направлениям, можно считать СДП материалом поперечно изотропным, то есть имеющим две главные плоскости симметрии — вдоль и поперек волокон. Это позволит значительно упростить инженерные расчеты деталей.

4. Модуль упругости СДП при сжатии поперек волокон в 150 раз меньше, чем стали. Это обуславливает эластичность и высокую механическую энергоемкость СДП и, следовательно, ее хорошую демпфирующую способность. СДП будет особенно эффективно работать при ударных нагрузках поперек волокон древесины, поглощая часть работы удара.

Передовой опыт многих заводов, организовавших у себя производство самосмазывающейся прессованной древесины по упомянутой технологии и успешно применяющих ее в качестве конструкционного материала, позволяет сделать вывод о том, что СДП — надежный машиностроительный материал, дающий значительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. К. Ашкенази, И. П. Боксберг, Г. М. Рубинштейн, К. К. Туроверов. Анизотропия механических свойств древесины и фанеры. Гослесбумиздат, 1958. [2]. А. К. Митропольский. Статистическое исчисление. Т. I—IV, Л., 1952—1954. [3]. Новая технология производства и применения самосмазывающейся древесины прессованной (СДП) и деталей из нее. Ленинградская лесотехническая академия, 1963. [4]. Н. Т. Нысенко, С. В. Генель. Пластификация цельной древесины. Гослесбумиздат, 1958. [5]. Н. Н. Орлов. Влияние влаги на разбухаемость прессованной древесины. Труды Воронежского сельскохозяйственного института, т. XXIII, вып. I, 1954.

Поступила в редакцию
26 марта 1964 г.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ РЕЗАНИЕМ И ИХ ОБОБЩЕНИЯ

НГУЕН ВАН МИНЬ

Аспирант

(Московский лесотехнический институт)

Резание, основанное на делимости, пластическом и упругом деформированиях древесины, — физический процесс, управляемый общими законами*. Пластические и упругие деформации во многом зависят от скорости резания, поэтому изучение последнего от «нулевых» до рабочих производственных скоростей необходимо для выявления общих закономерностей.

Методическая часть

Вопрос обрабатываемости вьетнамских пород древесины до сих пор почти не изучен. Мы начинали исследование с элементарного резания твердых ценных пород. Излагаемый метод — общий для всех пород любой страны.

Была изучена закономерность изменения горизонтальной и вертикальной сил в зависимости от породы древесины, толщины срезаемой стружки l , угла резания δ и угла перерезания волокон ϕ . Остальные факторы оставались постоянными. Для опытов были взяты древесные породы: «Лим» из группы железной древесины, отличающейся большим удельным весом ($\gamma_{15} = 0,95-1,05$) и высокой твердостью; «Шау-шау» из группы красной древесины, являющейся распространенной ценной породой древесины Вьетнама. Для опытов использовали сухую древесину влажностью $8 \pm 0,5\%$.

Экспериментальная установка позволяет использовать образцы древесины очень малых размеров: длиной 20 мм, высотой 20 мм, шириной 3—7 мм, что обеспечивает их максимальную однородность. В табл. 1 даны физико-механические показатели исследуемой древесины.

Эксперименты проводили на установке конструкции МЛТИ (рис. 1, а). В процессе резания нож 1 неподвижен; каретка 7, несущая образцы древесины 5, передвигается на нож. Скорость резания равна скорости каретки (0,6 мм/сек). После каждого реза с помощью винта 8 каретка вместе с образцами поднимается на необходимую толщину стружки. По шкале 10 можно поднимать или опускать каретку с точностью 0,01 мм. Ножи изготовляли из стали ХВГ. Радиус затупления во всех экспериментах — около 6 мк.

* А. Л. Бершадский. Справочник по расчету режимов резания древесины. Гослесбумиздат, 1962.

Таблица 1

Порода	Объемный вес, Г/см ³	Предел прочности, (кг/см ²)		Твердость торцовая, кг/см ²	Источники
		статический изгиб	сжатие		
„Лим“	0,97	2170	1010	1428	Вьетнамские Л. М. Перелыгин „Древесиноведение“, 1960
„Шау-шау“	0,77	1170	451		
Дуб	0,72	950	520	620	

Нож вместе с держателем закрепляют в концы тонкостенного стакана, консольно вмонтированного на стене станины (рис. 1, б). На стакан приклеены проволочные датчики, которые входят в состав электрического моста измерительной установки. Последняя состоит из питающего блока, многоканального усилителя и осциллографа. В про-

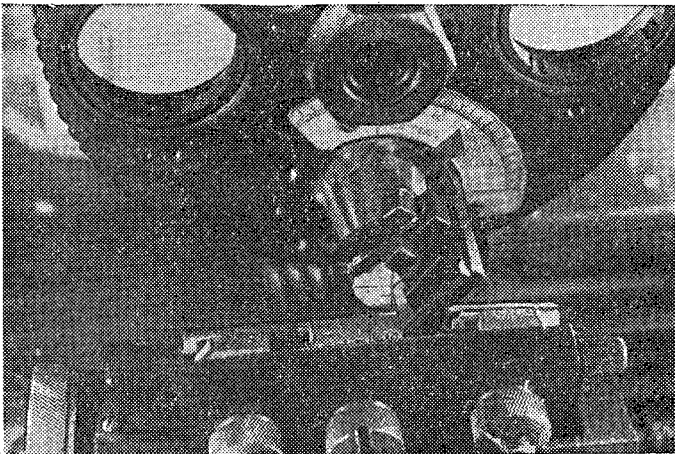
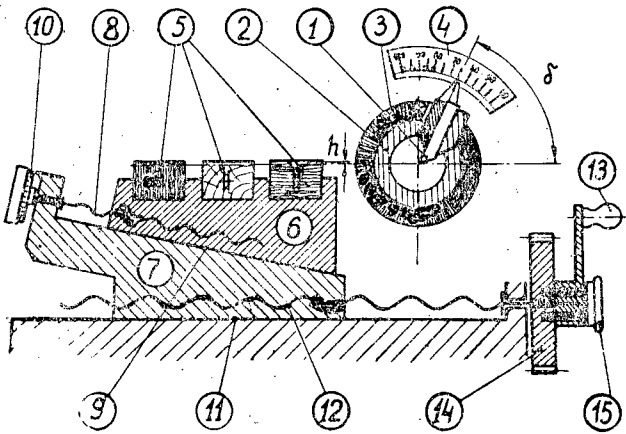


Рис. 1, б

цессе резания усилия, передаваемые от древесины на нож, деформируют стакан, тем самым изменяют сопротивление датчиков. Равновесие электрического моста нарушается и появляются токи-сигналы. Сигналы усиливаются и попадают в осциллограф, где их записывают

на бумажной ленте в виде диаграмм в системе координат x, y . С помощью предварительной тарировки установки можно расшифровать величину этих усилий как вертикальных, так и горизонтальных.

Экспериментальная часть

Изучаемые факторы: две породы древесины — «Лим» и «Шау-шау»; три угла резания δ — 51, 61, 71°; пять углов перерезания ψ — 0; 15; 45; 70, 90°; шесть толщин стружек l — 0,02; 0,04; 0,06; 0,1; 0,2; 0,3 мм.

Постоянные факторы: задний угол $\alpha = 10^\circ$; направление резания по волокнам; скорость резания (каретки) 0,00066 м/сек; ширина образцов — для породы «Лим» 2,5 мм, для породы «Шау-шау» — 3,5 мм; влажность древесины $8 \pm 0,5\%$.

По каждому опыту проведено шесть проходов. Запись двухкомпонентная. Характер осциллограмм записи сил виден из рис. 2 (вверху — P , внизу — $Q \perp P$).

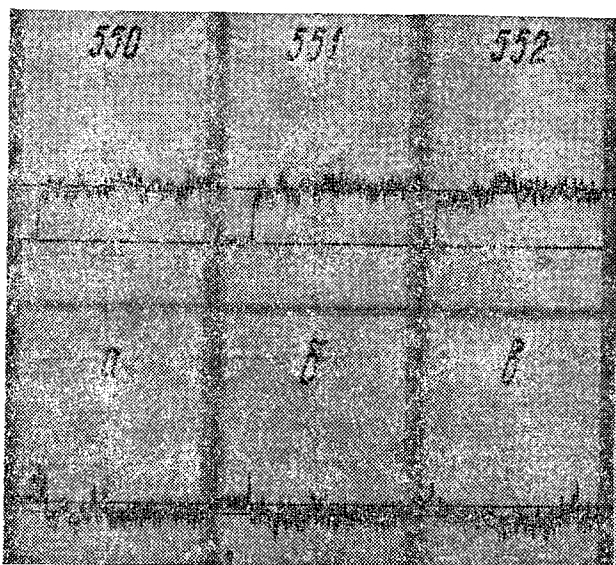


Рис. 2.

Результаты опытов приведены в таблицах. В табл. 2 даны значения сил сопротивления резанию P (кг/мм) и удельного сопротивления резанию K (кг/мм²), в табл. 3 — значения сил отжима (затягивания) Q , кг/мм. На их основании построены графики зависимости сил P и Q от l , ψ и δ (рис. 3) для породы «Лим».

Обобщение результатов опытов

Если по оси абсцисс отложить l , а по оси ординат — P , то получаем взаимосвязь между ними в виде наклонных прямых AB и ab (рис. 4)*. Прямая AB устанавливает взаимосвязь в области макростружек ($l \geq 0,1$ мм) и выражается уравнением

* Статья А. Л. Бершадского по общему закону резания. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 11, 1960 и № 8, 1961.

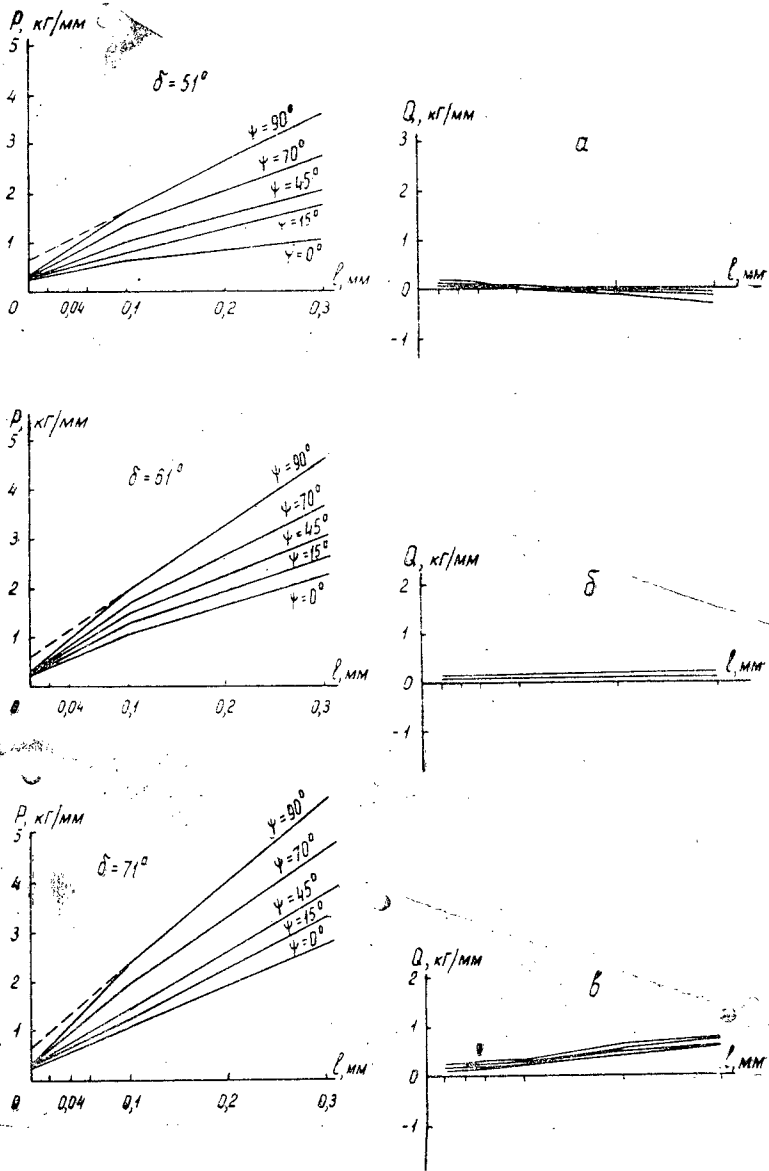


Рис. 3.

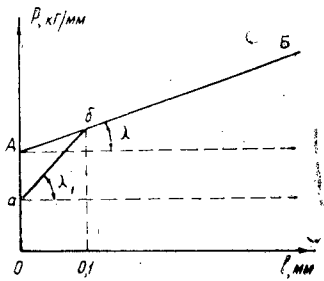


Рис. 4.

Таблица 2

Ф, град	l, мм	„Лим“						„Шау-шау“					
		угол резания δ , град											
		51		61		71		51		61		71	
		K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P
0	0,02	14,5	0,29	17	0,34	19,35	0,387	10,5	0,21	10,25	0,205	11,8	0,236
	0,04	10,75	0,43	14,4	0,575	14,2	0,57	7,6	0,305	7,9	0,315	9,1	0,364
	0,06	7,3	0,437	12,7	0,765	13,3	0,795	6,3	0,38	6,6	0,394	7,9	0,472
	0,1	6,5	0,65	9,1	0,91	10,9	1,09	5,1	0,51	5,7	0,57	6,35	0,635
	0,2	4,25	0,85	8,8	1,76	10,5	1,1	3,4	0,68	5,5	1,1	5,6	1,53
	0,3	3,6	1,09	6,7	2,02	10,3	3,08	2,46	0,74	5,1	1,53	6,4	2,03
15	0,02	16,4	0,328	17,7	0,355	21,6	0,433	13,3	0,266	11,9	0,238	12	0,24
	0,04	12,1	0,485	14,4	0,575	16,2	0,65	9	0,36	8,75	0,35	9,55	0,382
	0,06	10	0,6	13,2	0,79	13,6	0,815	7,5	0,45	7,3	0,44	8,9	0,535
	0,1	8,2	0,82	10,5	1,05	12,6	1,26	5,4	0,54	6,45	0,645	8,2	0,82
	0,2	6,6	1,33	10,9	2,18	13	2,6	4,25	0,85	5,75	1,15	8,05	1,73
	0,3	5,8	1,75	8,6	2,6	11,2	3,36	4,16	1,25	5,4	1,62	9,30	2,40
45	0,02	17,7	0,355	19,9	0,398	25	0,5	15	0,3	12,9	0,258	13,35	0,267
	0,04	12,4	0,495	15,5	0,62	18,75	0,75	9,75	0,39	9,6	0,383	12	0,48
	0,06	10,6	0,64	14,3	0,86	15,7	0,945	8	0,48	7,5	0,45	10,16	0,61
	0,1	10,4	1,04	12,4	1,24	14,6	1,46	6,9	0,69	7,2	0,72	9	0,9
	0,2	7,8	1,57	11,8	2,37	14	2,8	5	1,0	6,15	1,23	8,95	1,79
	0,3	7	2,1	9,7	2,92	11,7	3,52	4,46	1,34	5,5	1,65	7,7	2,3
70	0,02	24,7	0,495	24	0,48	31,25	0,625	15,75	0,315	13,5	0,27	15,1	0,302
	0,04	17,5	0,7	19,5	0,78	25	1	11,25	0,45	10,75	0,43	13,2	0,528
	0,06	15,3	0,92	17,1	1,03	22,1	1,33	9,66	0,58	9,16	0,55	11	0,66
	0,1	13,6	1,36	15,2	1,52	19,8	1,98	8,2	0,82	8,1	0,81	9,9	0,99
	0,2	10,3	2,06	14,4	2,88	17,4	3,48	6,3	1,26	7,4	1,48	10	2,00
	0,3	9,1	2,72	12	3,6	15,4	4,63	5,8	1,73	6,86	2,06	9,5	2,85
90	0,02	28,7	0,575	29	0,58	37,5	0,75	17,35	0,347	14,5	0,29	15,5	0,31
	0,04	22,6	0,915	24,75	0,99	29,75	1,19	12,75	0,51	11,75	0,47	14,25	0,57
	0,06	18,5	1,11	21,5	1,29	25,5	1,63	10,66	0,64	10	0,6	12,11	0,727
	0,1	16,5	1,65	19,8	1,98	23,7	2,35	8,9	0,89	8,6	0,86	10,6	1,06
	0,2	13,15	2,63	17,8	3,54	19,0	3,8	6,8	1,36	8,7	1,74	11,85	2,37
	0,3	10,4	3,12	14,6	4,4	16,3	4,9	5,93	1,78	7,03	2,11	10	3

Таблица 3

Ф, град	l, мм	„Лим“			„Шау-шау“		
		угол резания δ , град					
		51	61	71	51	61	71
0	0,02	0,05	0,075	0,13	0,065	0,065	0,12
	0,04	0,037	0,072	0,13	0,033	0,06	0,15
	0,06	0,017	0,063	0,155	0,01	0,060	0,176
	0,1	-0,018	0,068	0,216	-0,02	0,065	0,205
	0,2	-0,03	0,088	0,42	-0,07	0,083	0,373
	0,3	-0,06	0,072	0,66	-0,08	0,068	0,515

Продолжение табл. 3

ϕ , град	l , мм	„Лим“			„Шау-шау“		
		угол резания δ , град					
		51	61	71	51	61	71
15	0,02	0,11	0,115	0,17	0,12	0,095	0,09
	0,04	0,09	0,113	0,204	0,09	0,091	0,12
	0,06	0,08	0,112	0,216	0,07	0,091	0,145
	0,1	0,04	0,152	0,23	0,04	0,095	0,205
	0,2	-0,05	0,152	0,46	-0,03	0,1	0,28
	0,3	-0,12	0,166	0,65	-0,95	0,085	0,49
45	0,02	0,15	0,13	0,196	0,164	0,092	0,15
	0,04	0,12	0,124	0,222	0,128	0,094	0,20
	0,06	0,1	0,104	0,244	0,1	0,106	0,23
	0,1	0	0,074	0,29	0,04	0,097	0,37
	0,2	-0,08	0,01	0,444	-0,015	0,058	0,53
	0,3	-0,17	-0,01	0,52	-0,07	0,042	0,47
70	0,02	0,17	0,19	0,24	0,148	0,1	0,15
	0,04	0,12	0,18	0,25	0,13	0,113	0,21
	0,06	0,073	0,17	0,28	0,112	0,125	0,24
	0,1	0	0,12	0,286	0,041	0,107	0,43
	0,2	-0,16	0,09	0,535	-0,03	0,11	0,74
	0,3	-0,31	0,08	0,67	-0,15	0,11	0,73
90	0,02	0,184	0,16	0,23	0,16	0,106	0,15
	0,04	0,11	0,14	0,274	0,138	0,127	0,24
	0,06	0,035	0,13	0,33	0,13	0,145	0,275
	0,1	-0,07	0,09	0,333	0,059	0,14	0,475
	0,2	-0,24	0,12	0,65	-0,046	0,142	0,65
	0,3	-0,32	0,17	0,78	-0,13	0,172	1,38

$$P = P_s + \bar{K} \cdot l, \quad (1)$$

где $\bar{K} = \operatorname{tg} \lambda$;

λ — угол наклона прямой;

P_s — сила, действующая на древесину по задней грани резца, кГ/мм;

$P_n = Kl$ — сила, действующая на древесину от передней грани резца, кГ/мм.

Прямая аб устанавливает взаимосвязь в области микростружек ($l_m < 0,1$ мм) и выражается уравнением

$$P_m = P_s + \bar{K}_m \cdot l, \quad (2)$$

где $\bar{K}_m = \operatorname{tg} \lambda_1$.

Помимо силы P_n возникает сила Q_1 , нормальная к P_n

$$Q_1 = P_n \cdot \operatorname{tg} (90 - \delta - \varphi), \quad (3)$$

где δ — угол резания, град;

φ — угол трения по передней грани, град.

Так как при $l = 0$ нет стружкообразования, то уравнение (1) принимает вид

$$P_0 = P_s. \quad (4)$$

Следовательно, сила P_3 производит формирование слоя древесины, вдавленной задней гранью реза на величину радиуса затупления ρ ниже плоскости резания 00 (рис. 5). Кроме того, под влиянием силы отжима Q_2 заглубленной частью реза ниже этой плоскости возникает сила трения, которая суммируется с силой, деформирующей слой, и составляет $P_3 = f Q_2$, где f — приведенный коэффициент, учитывающий трение и пластическую деформацию.

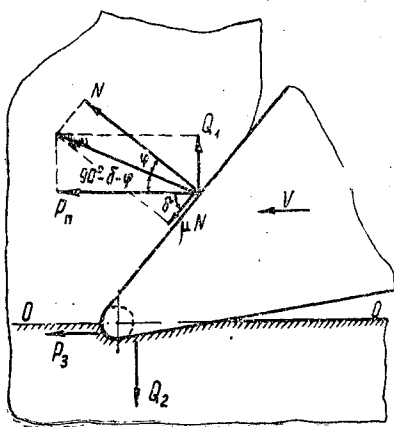


Рис. 5.

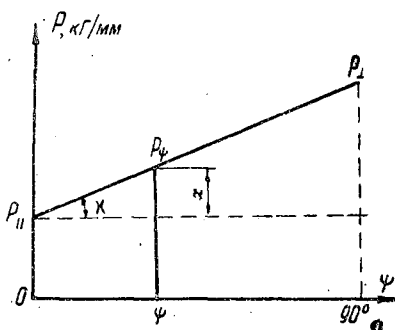


Рис. 6.

Если по оси абсцисс отложить ψ , а по оси ординат — P (рис. 6), то получаем взаимосвязь между ними, близкую к наклонной прямой, уравнение которой

$$P_\psi = P_{||} + x,$$

где $x = \psi \operatorname{tg} \kappa$;

$$\operatorname{tg} \kappa = \frac{P_{\perp} - P_{||}}{90};$$

$P_{||}$ и P_{\perp} — силы при $\psi = 0$ и 90° .

Таким образом,

$$P_\psi = P_{||} + (P_{\perp} - P_{||}) \cdot \frac{\psi^*}{90} \dots \quad (5)$$

По графикам, отражающим результаты опытов, получаем следующие обобщенные формулы.

1. Для породы «Лим»

в области макростружек ($l \geq 0,1$ мм)

$$P_{||} = 0,4 + (0,314\delta - 13,8) \cdot l; \quad (6)$$

$$P_{\perp} = 0,6 + (0,272\delta - 4) \cdot l; \quad (7)$$

$$P_\psi = 0,4 + (0,314\delta + 13,8) l + \frac{0,2\psi}{90} + (9,8 - 0,4\delta) \cdot l \cdot \frac{\psi}{90}; \quad (8)$$

* Иногда эту связь дают через $\sin^{1,25} \psi$ или $\sin^2 \psi$; погрешности во всех случаях одного и того же порядка, но формула (5) проще для практического пользования.

в области микростружек ($l_m < 0,1$ мм),

$$P_{\parallel m} = 0,2 + (0,23\delta - 7,2) \cdot l; \quad (9)$$

$$P_{\perp m} = 0,3 + (0,35\delta - 4,6) \cdot l \quad (10)$$

$$P_{\psi m} = 0,2 + (0,23\delta - 7,2)l + 0,1 \frac{\psi}{90} + (0,12\delta + 2,6) \cdot l \frac{\psi}{90} \quad (11)$$

2. Для породы «Шау-шау»

в области макростружек ($l \geq 0,1$ мм)

$$P_{\parallel} = 0,24 + (0,196\delta - 7)l; \quad (12)$$

$$P_{\perp} = 0,28 + (0,173\delta - 3) \cdot l; \quad (13)$$

$$P_{\psi} = 0,24 + (0,196\delta - 7)l + \frac{0,04\psi}{90} + (4 - 0,023\delta) \cdot l \frac{\psi}{90}; \quad (14)$$

в области микростружек ($l_m < 0,1$ мм)

$$P_{\parallel m} = 0,12 + (0,086\delta + 1)l; \quad (15)$$

$$P_{\perp m} = 0,14 + (0,115\delta + 3) \cdot l; \quad (16)$$

$$P_{\psi m} = 0,12 + (0,086\delta + 1)l + 0,02 \frac{\psi}{90} + (0,029\delta + 2) \cdot l \frac{\psi}{90}. \quad (17)$$

В этих формулах P_{\parallel} — при $\psi = 0^\circ$, кг/мм;

P_{\perp} — при $\psi = 90^\circ$, кг/мм;

δ — угол резания, град;

ψ — угол перерезания волокон, град;

l — толщина стружки, мм.

Применение формул (8), (11), (14) и (17) при проверочных расчетах дает 90% совпадения с результатами опытов (максимальная погрешность $\pm 15\%$), что подтверждает правильность положений общего закона резания.

В табл. 4 дано сравнение сил резания вьетнамских пород (данные автора) с сосной (данные А. Е. Золотарева) при продольном (\parallel) и торцовом (\perp) резаниях, а в табл. 5 — сравнение с дубом (данные С. А. Воскресенского и А. Е. Золотарева) *.

Таблица 4

l, мм	Порода	\parallel $\alpha=10-15^\circ$ $V=0,01-1,5$ м/сек			\perp $\alpha=10-15^\circ$ $V=0,001-0,01$ м/сек		
		угол резания δ , град					
		50	60	70	50	60	70
0,1	Сосна	0,25	0,35	0,62	0,43	0,48	0,6
	„Лим“	0,65	0,91	1,09	1,65	1,98	2,37
	„Шау-шау“	0,51	0,57	0,635	0,89	0,86	1,06
0,2	Сосна	0,32	0,5	1,0	0,72	0,88	1,05
	„Лим“	0,85	1,76	2,1	2,63	3,54	3,8
	„Шау-шау“	0,68	1,1	1,53	1,36	1,74	2,37

Формулы общего закона резания позволяют решить ряд вопросов. Одним из них является определение коэффициентов трения в процессе резания. Этот вопрос решается впервые в данной работе.

* С. А. Воскресенский. Резание древесины. М., Гослесбумиздат, 1955.

Таблица 5

I, мм	Порода	Данные С. А. Воскресенского $\alpha=10^\circ$ $V=0,01$ м/сек			Данные А. Е. Золотарева $\alpha=10-15^\circ$ ⊥ $V=0,001-0,01$ м/сек		
		угол резания δ , град					
		50	60	70	50	60	70
0,1	Дуб	0,5	0,75	1	0,85	0,95	1,15
	„Лим“	0,65	0,91	1,09	1,65	1,98	2,37
	„Шау-шау“	0,51	0,57	0,635	0,89	0,86	1,06
0,2	Дуб	0,8	1,2	1,7	1,45	1,65	2,05
	„Лим“	0,85	1,76	2,1	2,63	3,54	3,8
	„Шау-шау“	0,68	1,1	1,53	1,36	1,74	2,37

Коэффициент трения по передней грани μ . Из рис. 5 видно, что нормальная сила $Q = Q_2 - Q_1$ или

$$Q = Q_2 - P_n \cdot \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi). \quad (18)$$

В зависимости от угла резания δ значение $\operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi)$ может быть больше, равно или меньше нуля. В связи с этим Q может быть или знакопеременной силой (рис. 3, а), или почти неизменной положительной (рис. 3, б), или положительно возрастающей (рис. 3, в) с увеличением толщины стружки. Используя формулу (18), можно найти значение угла φ . По данным опытов из таблиц и графиков имеем

$$Q' = Q_2 - P_{n1} \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi);$$

$$Q'' = Q_2 - P_{n2} \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi);$$

$$Q'' - Q' = (P_{n1} - P_{n2}) \cdot \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi).$$

Отсюда

$$\operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi) = \frac{Q'' - Q'}{P_{n1} - P_{n2}}, \quad (19)$$

где

$$P_n = P - P_3;$$

P и P_3 берутся из табл. 2 и 3 и графиков.

Зная угол δ , можно найти угол φ , а по φ определить μ

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi. \quad (21)$$

В результате обработки данных опытов получаем следующие значения μ и φ (табл. 6).

Таблица 6

Порода	μ	φ	μ	φ	μ	φ
	при угле резания δ , град					
	51		61		71	
„Лим“	0,573	29°55'	0,544	28°40'	0,548	28°50'
„Шау-шау“	0,515	27°20'	0,533	28°10'	0,533	

Приведенный коэффициент f учитывает трение по задней грани реза и силу, деформирующую слой ниже плоскости резания 00 (рис. 5).

$$P_3 = f \cdot Q_2. \quad (22)$$

Отсюда

$$f = \frac{P_3}{Q_2}.$$

Так как

$$Q_2 = Q + P_n \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi),$$

то

$$f = \frac{P_3}{Q + P_n \operatorname{tg}(90 - \delta - \varphi)}. \quad (23)$$

Значения P_3 , Q и P_n берем из таблиц и графиков, а φ — из предыдущих опытов.

Полученные результаты показывают, что при остром фрезе приведенный коэффициент трения по задней грани больше единицы и находится в пределах от 1,5 до 3. Однако установить закономерность изменения f пока не удалось, что можно объяснить недостаточной точностью измерений нормальных сил, которые значительно меньше горизонтальных (см. графики). В этом направлении требуется дальнейшее исследование.

Таким образом, обработка результатов опытов и проверочные расчеты подтверждают правильность положений общего закона резания и методики обобщения А. Л. Бершадского.

Поступила в редакцию
23 июня 1964 г.

РЕНТГЕНОВСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ

А. И. БЫХОВСКИЙ

И. о. доцента, кандидат физико-математических наук

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Н. А. ОСНАЧ

Кандидат технических наук

(Киевский филиал ВНИИНСМа)

С. Г. ЧУДНОВЕЦ

Старший преподаватель

(Украинская сельскохозяйственная академия)

Проблема улучшения физико-механических свойств и биостойкости древесины имеет в настоящее время важное значение. Одно из ведущих звеньев общего комплекса мероприятий, направленных на решение этой проблемы, — пропитка древесины различными химическими реагентами. Известны различные виды пропитки древесины: диффузионная, капиллярная, пропитка под давлением. Однако существующие методы исследования всех этих видов пропитки не дают полной картины хода процесса. Общий их недостаток — плохой контроль за ходом пропитки и невозможность разработки таких технологических схем, которые обеспечивают ее большую скорость и полноту.

Ф. Л. Локшин [1] для анализа уже пропитанной древесины предложил рентгеновский метод контроля. Сущность метода, предлагаемого нами, состоит в использовании таких пропиточных растворов или в подмешивании к другим пропиточным растворам таких веществ, которые сильно поглощают рентгеновские лучи по сравнению с самой древесиной, и затем в просвечивании древесины с пропиточным раствором рентгеновскими лучами. В качестве пропиточной жидкости был использован насыщенный раствор азотнокислого свинца в воде. На рис. 1 изображена схема установки для рентгеновской регистрации пропитки под откачкой.

Образцы древесины 5 помещают между выходным окошком рентгеновской трубки 4 и свинцовым экраном 7 с вырезом по форме образца, за которым находится флюоресцирующий экран. Вместо экрана может располагаться кассета с рентгеновской пленкой 6. Таким образом можно не только наблюдать, но и фиксировать на пленке различные стадии пропитки древесины.

С помощью указанной установки была изучена кинетика процессов пропитки древесины с применением следующих способов пропитки: под откачкой, капиллярной, и так называемой гидротермической.

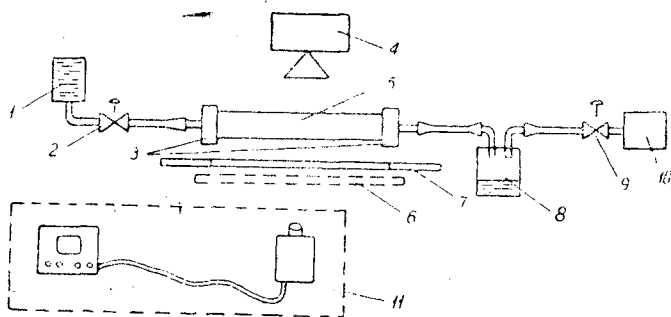


Рис. 1. Схема установки для рентгеновской регистрации пропитки под откачкой.

- 1 — сосуд с пропиточным раствором; 2 — кран; 3 — обоймы держатели испытуемого образца; 4 — рентгеновский аппарат РУ-760; 5 — испытуемый образец; 6 — место кригоскопа (флуоресцирующего экрана) или кассеты; 7 — защитный свинцовый экран; 8 — лонетка; 9 — кран, регулирующий скорость откачки; 10 — вакуумный насос; 11 — телевизионная установка ПТУ-5 или ПТУ-3.

Ниже указаны условия эксперимента для всех этих видов пропитки древесины. Кассеты для рентгеновских пленок обычно выпускают с усиливающими экранами. В результате предварительных опытов было установлено, что для получения снимков большей четкости рентенографирование образцов следует проводить без усиливающих экранов. Это связано с тем, что при свечении данного участка экрана на пленке засвечиваются также соседние участки. В работе были подобраны экспозиции, для съемок с усиливающими экранами и без них. Без экранов требовались более длительные экспозиции, которые при нашей геометрии съемки ($I = 5 \text{ ма}$, $U \approx 70 \text{ кв}$) составляли 5 сек.

Для исследования кинетики процессов при пропитке под откачкой были использованы образцы различных пород древесины размерами $200 \times 40 \times 40 \text{ мм}$. Торцы образцов помещали в специальные обоймы. Одну из обойм резиновым шлангом соединяли с сосудом 1 (рис. 1), в котором находился раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, другую соединяли с разрежающим насосом 10, дававшим перепад давления $0,67 \text{ атм}$. Скорость откачки можно было плавно регулировать краном 9. Боковую поверхность образца покрывали шеллаком. Пазы между образцом и обоймами были замазаны смолой МФ-17 с отвердителем.

На рис. 2 представлены последовательные стадии пропитки образца березы с непропаренными торцами (рассеянно-сосудистая порода) под откачкой. Четко заметно, как с течением времени раствор глубже проникает по капиллярам, и как в процесс включаются все новые и новые капилляры.

Известно, что пропарка древесины существенно ускоряет ее пропитку [4]. Лишь недавно [2] было показано, что в результате пропарки восстанавливается структура древесины, нарушенная при оторцовке образцов режущим инструментом. Снимки, полученные на образцах березы с пропаренными торцами (пропарка в течение 8—10 час. при 100°C), показали, что пропитка под откачкой в этом случае происходит быстрее (в соответствии с общим уменьшением гидродинамического сопротивления образца фильтрационному потоку). На рисунках видна большая однородность в заполнении капилляров раствором, что согласуется с указанным выше действием пропаривания. Был получен также ряд снимков в двух взаимноперпендикулярных проекциях, позволяющих составить четкое стереоскопическое представление о ходе процесса про-

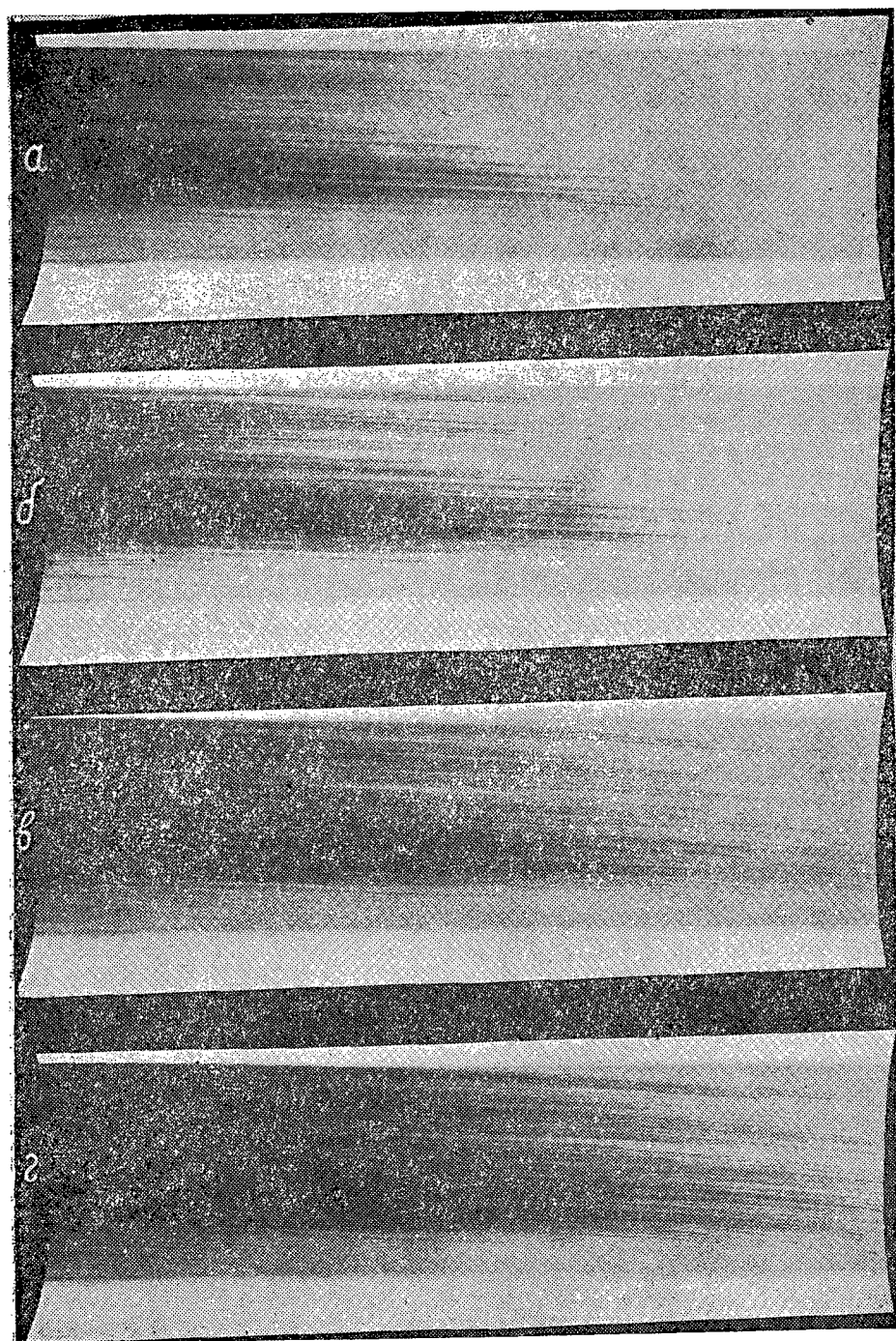


Рис. 2.

питки в объеме образца. Часто наблюдалось, что при равномерном распространении раствора, показанном на одной из проекций, на другой имело место выклинивание фильтрационного потока. Это связано с тем,

что используемые образцы были вырезаны не строго вдоль волокон древесины.

Хотя для технологических целей древесину дуба не пропитывают, ее заболонь оказалось удобным использовать как модельный объект. При пропитке под откачкой образцов дуба были получены весьма характерные картины. Образцы располагали так, что снимки получались в тангенциальном направлении; при этом крупные сосуды дуба, заполненные раствором, проектировались в виде примерно равноотстоящих полос, черных на позитивном отпечатке (рис. 3). В верхней части рисунка расположена заболонная часть образца с сосудами, в нижней — непропитанная ядровая часть.

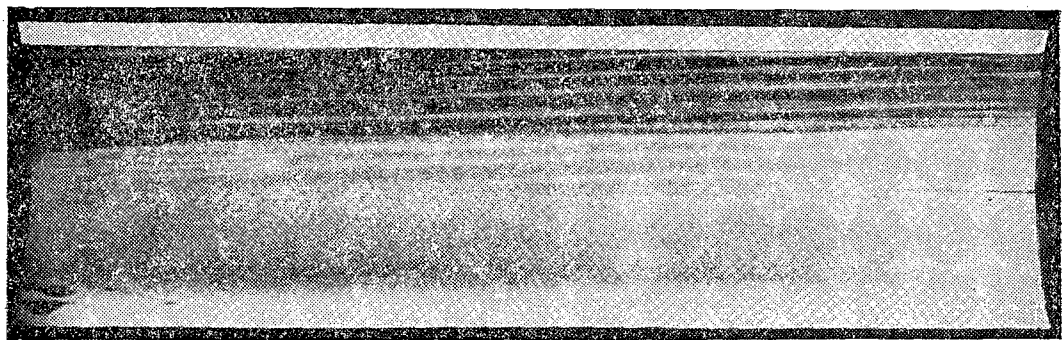


Рис. 3.

Мы получили также снимки пропитки под откачкой в образцах хвойных пород (сосны и ели). Пропитка образцов ели шла во много раз медленнее, чем пропитка сосны, и отличалась резкой неоднородностью фронта.

На рис. 4 приведены последовательные рентгеновские снимки образца березы (толщиной 2 мм) при капиллярной пропитке его через: а) 28 мин; б) 1 час 40 мин.; в) 7 час; г) двое суток после начала процесса. Образец помещали горизонтально так, что один его конец (на рисунках — левый) был погружен в раствор. На рис. 4 четко видны отдельные капилляры (или их колонии), заполненные раствором. Хорошо также видно, что с течением времени увеличивается расстояние, пройденное раствором в различных капиллярах. Черные пятнышки на рис. 4, г, частично заметные уже на рис. 4, в, объясняются кристаллизацией пересыщенного раствора в образце. Полученные снимки показывают, что, снимая последовательные рентгенограммы, можно получить сведения о кинетике заполнения отдельных капилляров пропиточным раствором. Метод обладает тем достоинством, что по каждой фотографии могут быть получены данные о длине заполнения многих капилляров.

В настоящее время в практике стал известен способ гидротермической пропитки древесины [3]. Сущность его состоит в том, что древесину, нагретую и выдержанную при температуре 140—150° С, переносят в ванну с пропиточной жидкостью, имеющей температуру 20° С. В процессе охлаждения образца и происходит процесс пропитки.

Для исследования гидротермической пропитки рентгеновским методом образец с обоями был заключен в специальный держатель, в котором его помещали в термостат и выдерживали при температуре 150° С 1,5—2 час. Так как при этом образец сокращался в размерах, то

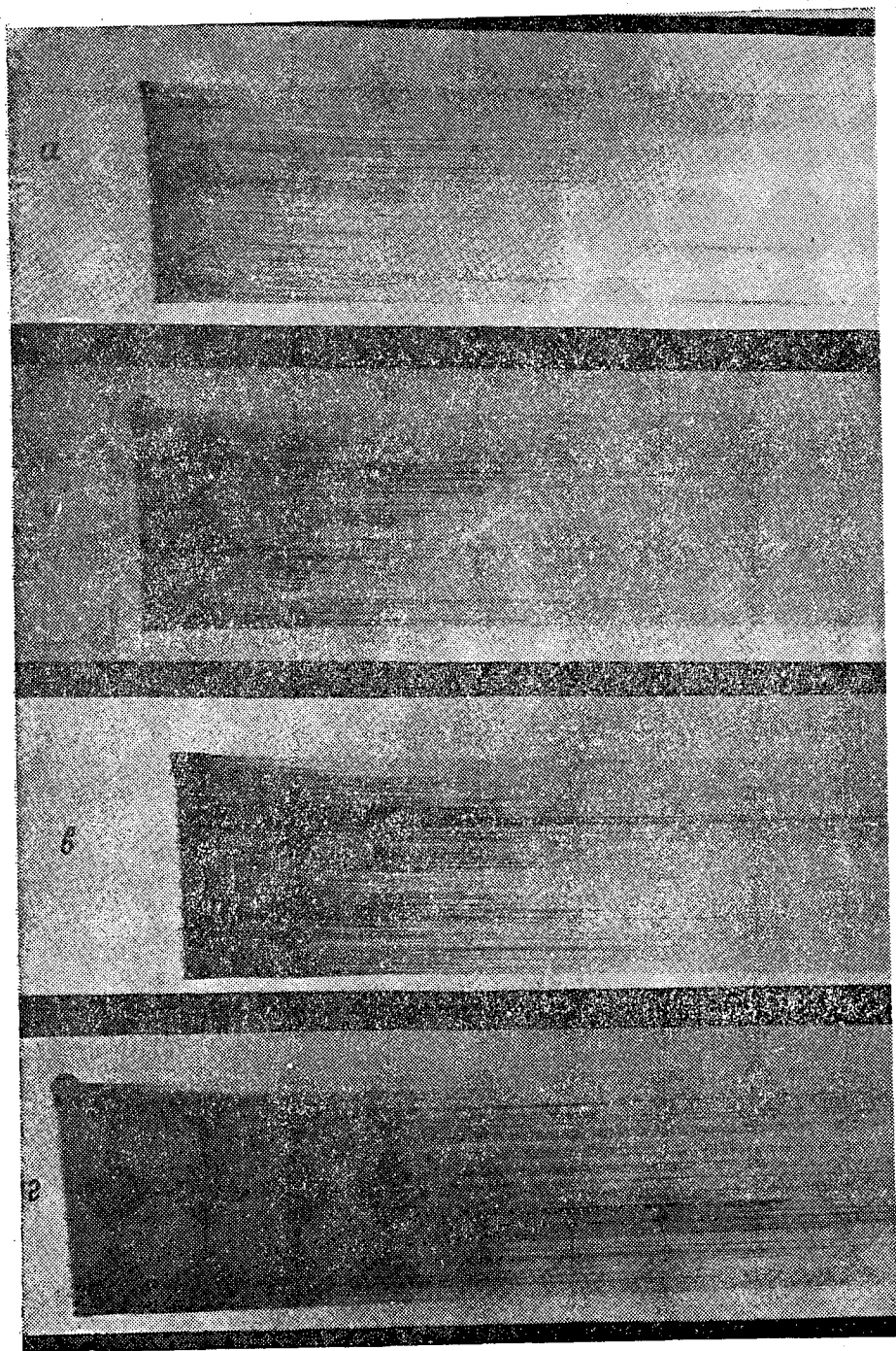


Рис. 4.

с помощью специальных винтов его вновь уплотняли в обоймах, после чего извлекали из термостата и на патрубки обойм надевали резиновые шланги с зажимами, соединенные с сосудом, содержащим пропиточ-



Рис. 5.

ный раствор. Образец охлаждали на воздухе. В течение 2—3 мин движения раствора не наблюдалось, так как в горячих обоямах образовался пар; после этого начиналась пропитка, и процесс шел довольно

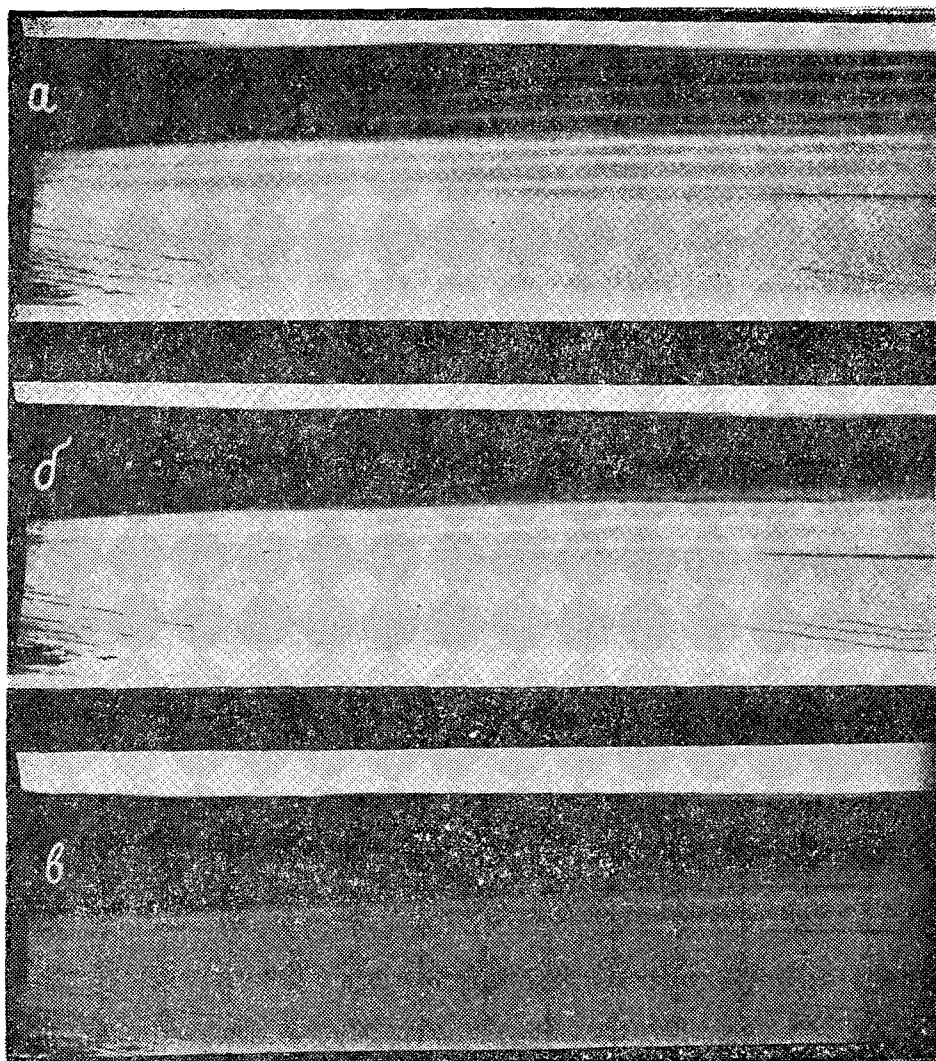


Рис. 6.

быстро. На рис. 5 представлены три последовательные стадии процесса двухсторонней гидротермической пропитки образца березы, разделенные интервалом в 1,5—2 мин. Из рисунка отчетливо видно, что одни и те же капилляры заполняются пропиточным раствором с двух сторон, частично капли раствора выступили на внешнюю поверхность образца (на снимках видны пятна от них). На последних стадиях процесса почти весь образец становился непрозрачным для рентгеновских лучей (рис. 5, в). В некоторых случаях одну из обоев герметизировали и исследовали процесс односторонней гидротермической пропитки. В ряде случаев при этом так же, как и при пропитке под откачкой, мы получали рентгенограммы в двух взаимноперпендикулярных проекциях, дававших объемное представление о ходе процесса.

Данные рис. 5 и других аналогичных снимков проливают свет на природу гидротермической пропитки. Большие скорости процесса и вид

фронта пропиточного раствора в образце показывают, что по-видимому, в этом случае термодиффузионные процессы играют лишь второстепенную роль. Главную роль играют процессы, обеспечивающие разрежение в образце. К ним относятся сжатие паровоздушной смеси в образце при его охлаждении, конденсация пара, а также десорбция влаги из древесины при высокой температуре и адсорбция — при низкой. В опытах по рентгенографии процесса гидротермической пропитки в образцах ели (с малой проницаемостью) и дуба (с большой проницаемостью) мы получили данные, свидетельствующие о большой роли десорбции-адсорбции в образовании разрежения, обуславливающего этот процесс. Рентгеновский метод исследования оказался также применимым для выяснения особенностей процессов проникновения пропиточного раствора в направлении, поперечном относительно волокон древесины. Наблюдение за образцом, пропитанным раствором азотнокислого свинца не до полного насыщения, показывает, что с течением времени происходит его расплывание. Для наблюдения подобного расплывания особенно удобно использовать образцы дуба, в которых при съемке в тангентальном направлении получается характерная картина типа решетки (рис. 3). После заполнения крупных сосудов образца пропиточным раствором он был вынут из раствора и оставлен в обоймах в горизонтальном положении. На рис. 6 приведены снимки «расплывания» пропиточного раствора в образце дуба через: а) 4 час; б) 35 час; в) 64 час после начала процесса. Из снимков видно, что практически полное расплывание раствора на расстояние 1—1,5 мм (полуширина светлой полосы на рис. 4) требует 64 час. Длительность расплывания резко возрастает в случае больших расстояний. Эти данные важны для оценки эффективности метода пропитки древесины на корню.

При расплывании пропиточного раствора в поперечном направлении важны, по-видимому, и капиллярные и диффузионные процессы. Поэтому можно говорить об использовании описанной методики при определении эффективных коэффициентов диффузии в поперечном направлении при различных условиях (влажность, температура) в образцах дуба и других пород* для различных растворов, сильно поглощающих рентгеновские лучи. Оценим, к примеру, величину коэффициента диффузии D в дубе для описанного выше случая

$$D \approx \frac{x^2}{t}.$$

В нашем случае $x = 0,15$ см; $t = 64$ час, тогда $D \approx 1,0 \cdot 10^{-7}$ см²/сек.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что описанный рентгеновский метод применяется для изучения механизма и кинетики различных видов пропитки древесины.

* Для последних вероятно целесообразно просверливать специальные пропиточные каналы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Л. Локшин. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 7, 1939.
- [2]. Н. А. Оснач. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 3, 1961.
- [3]. Н. А. Оснач. Пропитка древесины растворами красителей. АСИА УССР, Киев, 1963.
- [4]. П. С. Серговский. Гидротермическая обработка древесины. Гослесбумиздат, М.—Л., 1958.

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОЖА ОТНОСИТЕЛЬНО ЧУРАКА НА СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ОБРАБОТКЕ ЛУЩЕНИЕМ

В. Н. ФЕЛЕЩУК

Старший преподаватель

(Львовский лесотехнический институт)

Положение ножа относительно чурака определяется задним углом и вертикальным расстоянием режущей кромки ножа от горизонтальной плоскости, проходящей через осевую линию шпинделей, то есть высотой расположения ножа относительно оси вращения шпинделей.

Влияние заднего угла на мощность, потребную на лущение, установил А. В. Андресен [1]. Однако в настоящее время нет данных о влиянии указанных факторов (при обработке древесины лущением) на касательную и нормальную составляющие сил взаимодействия между ножом, линейкой и чураком.

В связи с этим, проводя экспериментальные исследования о влиянии режимных факторов на сопротивляемость древесины обработке лущением, мы изучали также влияние заднего угла ножа и высоты его расположения относительно оси вращения шпинделей (и чурака).

Условия проведения опытов

Опыты проводили путем замера двух составляющих усилий силового взаимодействия между ножом, линейкой и чураком. Замер усилий производили трубчатой двухкомпонентной динамометрической головкой с проволочными датчиками сопротивления и мостовой измерительной схемой с последующей записью в магнитоэлектрическом осциллографе МПО-2 [3]. В качестве механической части экспериментальной установки был использован токарный станок по металлу. Для контроля температуры древесины был использован электротермометр типа ЭТУ-М с полупроводниковым микротермосопротивлением (термистором).

При лущении березы задний угол ножа рекомендуется устанавливать в пределах от $0^{\circ}30'$ до $3^{\circ}00'$, исходя из качества шпона. В граничной практике в некоторых случаях заднему углу придают отрицательное значение до $-1^{\circ}30'$. Учитывая это положение, а также возможные неточности установки ножа, влияние заднего угла на силовые параметры лущения исследовали при следующих значениях углов; $-1^{\circ}00'$; $-0^{\circ}30'$; $0^{\circ}00'$; $0^{\circ}30'$; $1^{\circ}30'$; $2^{\circ}30'$; $3^{\circ}30'$; $4^{\circ}30'$; $5^{\circ}30'$.

Увеличивая задний угол от $+1^{\circ}30'$ до $+5^{\circ}30'$, можно было бы сохранить угол резания постоянным, равным 21° , за счет уменьшения

угла заострения ножа до $15^{\circ}30'$, что недопустимо в практике лущения из-за нежелательного уменьшения стойкости режущей кромки ножа. Поэтому в опытах угол заострения принят постоянным, равным $19^{\circ}30'$, а изменение заднего угла ножа от $-1^{\circ}00'$ до $+5^{\circ}30'$ сопровождается ростом угла резания с $18^{\circ}30'$ до $25^{\circ}00'$.

Влияние высоты расположения ножа исследовали при смещении лезвия ножа вверх от оси вращения шпинделей на 6, 5, 4 и 3 мм и при смещении вниз от оси на 3,6 и 9 мм.

Указанные смещения ножа практически могут иметь место вследствие неточностей его установки из-за наличия люфтов в узлах суппорта, а также в результате смещения оси вращения чурака при его изгибе вверх от оси вращения шпинделей.

Постоянные условия опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование факторов	Обозначение	Размерность	Значение факторов
Порода	—	—	Береза
Диаметр образцов	d	см	24
Влажность древесины	W	%	70—97
Температура древесины	t	$^{\circ}\text{C}$	20
Длина образцов	e	мм	15
Угол резания	δ	град	21
Задний угол	α	"	$1^{\circ}30'$
Профиль линейки	—	—	С закругленной кромкой
Угол заострения линейки	$\beta_{л}$	град	58
Радиус закругления кромки линейки	ρ	мм	0,3
Угол между ножом и линейкой	σ	град	84
Скорость лущения	V	м/сек	0,64 ÷ 0,66
Положение лезвия ножа	h	мм	На уровне оси шпинделей
Состояние остроты ножа	—	—	Острый
Движение суппорта	—	—	Прямолинейное-поступательное

Результаты опытов обрабатывали методами вариационной статистики.

Результаты опытов

Задний угол. 1. При изменении заднего угла от $5^{\circ}30'$ до $1^{\circ}30'$ его влияние на силы взаимодействия между ножом, линейкой и чураком незначительно как при лущении с обжимом, так и без обжима (рис. 1 и 2).

Уменьшение заднего угла от $+1^{\circ}30'$ до $-1^{\circ}00'$ вызывает значительное увеличение усилий по параболической зависимости. В частности, при лущении с обжимом в указанных пределах изменения заднего угла касательное усилие увеличивается в 1,37 раза, а нормальное — в 1,90 раза. При лущении без обжима усилия увеличиваются соответственно в 2,49 и 10,32 раза.

2. В пределах изменения заднего угла от $+5^{\circ}30'$ до $-1^{\circ}00'$ касательная составляющая сил, действующих со стороны чурака на нож и линейку, при лущении с обжимом и без обжима направлена вниз от оси вращения шпинделей. Нормальная составляющая при лущении с обжимом направлена в сторону от чурака. При лущении без обжима при заднем угле от $5^{\circ}30'$ до $\sim 1^{\circ}30'$ она направлена в сторону чурака и уменьшается до нуля; при дальнейшем уменьшении заднего угла до

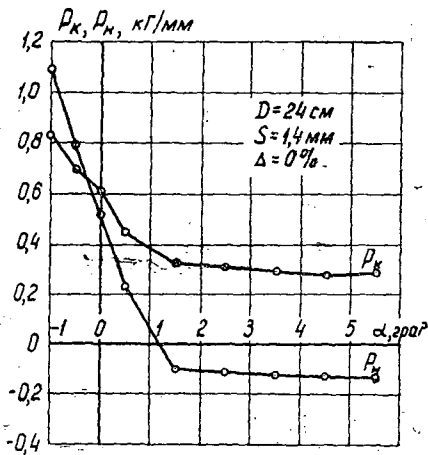


Рис. 1. Зависимость касательного P_k и нормального P_n усилий взаимодействия ножа и чурака от заднего угла при лущении без обжима.

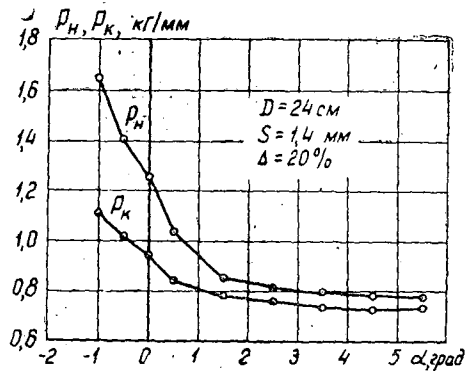


Рис. 2. Зависимость касательного P_k и нормального P_n усилий взаимодействия ножа, линейки и чурака от заднего угла при лущении с обжимом 20%.

— $1^{\circ}00'$ направление нормальной составляющей меняется на обратное, в сторону от чурака с одновременным резким увеличением (рис. 1).

3. При лущении без обжима с уменьшением заднего угла от $+5^{\circ}30'$ до $-1^{\circ}00'$ амплитуда пульсации сил уменьшается, а частота увеличивается (рис. 3).

Зависимость касательного и нормального усилий от заднего угла ножа выражается следующими уравнениями:

при лущении без обжима и при $\alpha = +1^{\circ}30' \div -1^{\circ}00'$

$$p_{pk} = 0,0315\alpha^2 - 0,2159\alpha + 0,5876,$$

$$p_{pn} = 0,0708\alpha^2 - 0,5198\alpha + 0,5131;$$

при $\alpha = 1^{\circ}30' \div 5^{\circ}30'$

$$p_{pk} = 0,3579 - 0,0138\alpha;$$

$$p_{pn} = -0,0860 - 0,0089\alpha;$$

при лущении с обжимом и при $\alpha = -1^{\circ}00' \div +5^{\circ}30'$

$$p_{pk} = 0,0171\alpha^2 - 0,1255\alpha + 0,9466;$$

при $\alpha = -1^{\circ}00' \div +1^{\circ}30'$

$$p_{pn} = 0,0685\alpha^2 - 0,3445\alpha + 1,2205;$$

при $\alpha = 1^{\circ}30' \div 5^{\circ}30'$

$$p_{pn} = 0,8763 - 0,0194\alpha.$$

В этих уравнениях p_{pk} и p_{pn} — удельное касательное и нормальное усилия при лущении без обжима, кг/мм;

p_{pk} и p_{pn} — то же при лущении с обжимом;

α — задний угол, град.

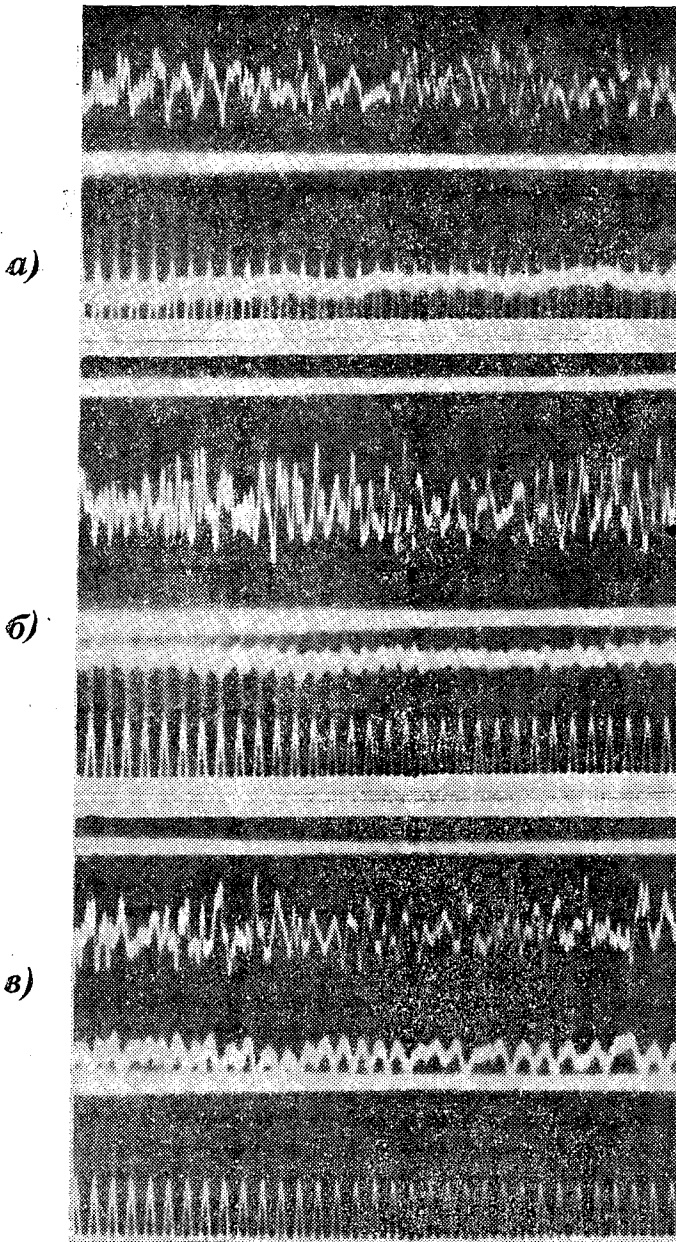


Рис. 3. Осциллографические записи касательного (внизу) и нормального (вверху) усилий взаимодействия ножа и чурака при лущении без обжима и величине заднего угла: а) $+1^{\circ}30'$; б) $+0^{\circ}30'$; в) $-0^{\circ}30'$.

Расположение ножа относительно оси вращения шпинделей. 1. При смещении ножа вниз от оси вращения шпинделей до 9 мм касательное и нормальное усилия изменяются незначительно как при лущении с обжимом, так и без обжима (рис. 4 и 5).

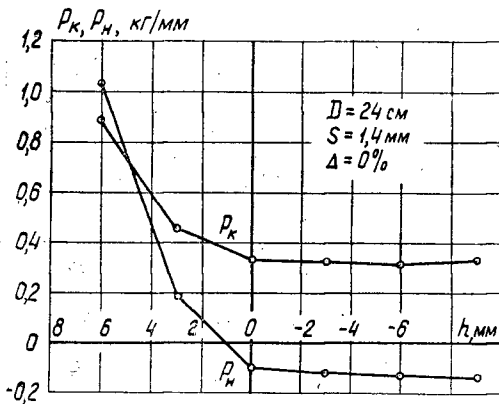


Рис. 4. Зависимость касательного P_k и нормального P_n усилий взаимодействия ножа и чурака от расположения ножа относительно оси вращения шпинделей при лущении без обжима.

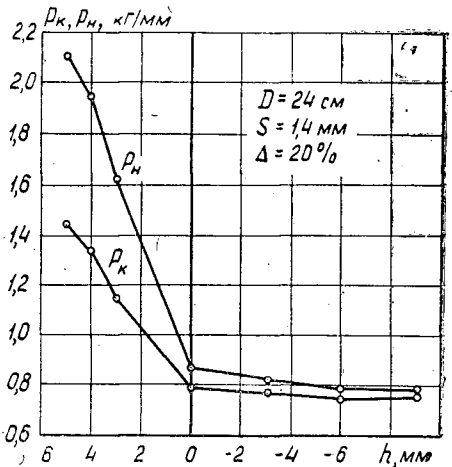


Рис. 5. Зависимость касательного P_k и нормального P_n усилий взаимодействия ножа, линейки и чурака от высоты расположения ножа относительно оси вращения шпинделей при лущении с обжимом 20%.

При смещении ножа вверх от оси вращения шпинделей до $5 \div 6$ мм усилия значительно увеличиваются. В частности, при лущении с обжимом и смещении ножа вверх от оси на 5 мм касательное усилие увеличивается в 1,85 раза, а нормальное — в 2,48 раза.

При лущении без обжима и смещении вверх от оси на 6 мм усилия увеличиваются соответственно в 2,64 и 10,20 раза.

2. При смещении ножа вниз от оси вращения шпинделей до 9 мм и вверх до $5 \div 6$ мм касательная составляющая сил, действующих со стороны чурака на нож и линейку (при лущении с обжимом и без обжима), направлена вниз от оси вращения шпинделей. Нормальная составляющая при лущении с обжимом направлена в сторону от чурака. При лущении без обжима и расположении ножа ниже оси вращения шпинделей до 9 мм и выше до ~ 1 мм нормальная составляющая направлена в сторону чурака и непрерывно уменьшается до нуля. При дальнейшем смещении ножа вверх от оси вращения шпинделей до 6 мм ее направление меняется на обратное — в сторону от чурака с одновременным резким увеличением (рис. 4).

3. При лущении без обжима и смещении ножа вверх от оси вращения шпинделей амплитуда пульсации сил уменьшается, а частота увеличивается. При смещении вниз, наоборот, амплитуда увеличивается, а частота уменьшается. Зависимость касательного и нормального усилий от высоты расположения ножа выражается следующими уравнениями:

при лущении без обжима и при $h = 0 \div +6$ мм

$$p_{pk} = 0,0173h^2 - 0,0108h + 0,3399,$$

$$p_{pn} = 0,0299h^2 + 0,0088h - 0,1006;$$

при $h = 0 \div -9$ мм

$$p_{pk} \approx \text{const},$$

$$p_{pn} = 0,0037h - 0,10 \quad \text{г}$$

при лущении с обжимом и при $h = 0 \div + 5$ мм

$$p_{лк} = 0,1325h + 0,7795,$$

$$p_{лн} = 0,2573h + 0,8671;$$

при $h = 0 \div - 9$ мм.

$$p_{лк} = \text{const},$$

$$p_{лн} = 0,0098h + 0,8531.$$

В этих уравнениях $p_{рк}$, $p_{рн}$ — удельное касательное и нормальное усилия при лущении без обжима, кг/мм ;

$p_{лк}$, $p_{лн}$ — то же при лущении с обжимом;

h — высота расположения ножа, мм
($-h$ и $+h$ соответственно при смещении вниз и вверх от оси вращения шпинделей).

Анализ результатов опытов

Задний угол. При изменении заднего угла изменяются:

а) силовое взаимодействие между ножом, линейкой и чураком, главным образом, в результате изменения площадки контакта задней грани ножа с чураком;

б) степень влияния заднего угла (в исследуемом диапазоне его значений) в результате изменения величины площадки контакта. При значениях заднего угла в пределах от $5^{\circ}30'$ до $\sim 1^{\circ}00' \div 1^{\circ}30'$ изменение площадки контакта незначительное; с дальнейшим уменьшением заднего угла до отрицательных значений площадка контакта сильно увеличивается, вызывая интенсивное увеличение касательного и нормального усилий;

в) величина и направление нормального усилия при лущении без обжима в результате изменения силового взаимодействия между задней гранью ножа и чураком из-за изменения площадки контакта. Надо полагать, что при значениях угла, больших $\sim 1^{\circ}20'$, суммарная нормальная составляющая сил, действующих со стороны кромки ножа и передней грани, способствует затягиванию ножа и превосходит нормальную составляющую сил (действующих по задней грани ножа), которая способствует отжиму ножа. В этих условиях нормальная составляющая сил, действующих со стороны ножа на чурак, способствует увеличению растягивающих напряжений на левой, обращенной к чураку, стороне шпона. Следствием этого является увеличение глубины трещин в шпоне и амплитуды пульсации мгновенных значений сил (рис. 3, а). При значениях заднего угла, меньших $\sim 1^{\circ}20'$, в результате возросшего силового воздействия задней грани ножа имеет место отжим тем больший, чем меньше угол. В этом случае нормальная составляющая сил, действующих со стороны ножа на чурак, вызывает уменьшение растягивающих напряжений на левой стороне шпона, в результате чего уменьшается глубина трещин в шпоне и, следовательно, амплитуда пульсации мгновенных значений сил (рис. 3, в);

г) угол резания. С уменьшением заднего угла от $+1^{\circ}30'$ до $-1^{\circ}00'$ угол резания становится меньше на $2^{\circ}30'$. Исходя из характера влияния этого угла на силовые параметры резания (уменьшение усилий

с уменьшением угла), можно утверждать, что столь незначительное его изменение не вызовет заметного изменения усилий; поэтому в данном диапазоне значений заднего угла усилия меняются, главным образом, в результате изменения этого угла. С увеличением заднего угла с $1^{\circ}30'$ до $5^{\circ}30'$ угол резания становится больше на 4° . В этом случае значение силового взаимодействия между чурком и задней гранью ножа в общем силовом взаимодействии уменьшается. Поэтому увеличение угла резания на 4° может вызвать замедление уменьшения усилий (в результате уменьшения заднего угла) и даже их увеличение, что и наблюдалось в опытах.

Исходя из особенностей влияния заднего угла на силовые параметры лущения березы, на наш взгляд, целесообразно устанавливать задний угол в пределах от $0^{\circ}30'$ до $1^{\circ}30'$. При больших значениях заднего угла направление равнодействующей силы воздействия со стороны ножа и линейки на чурак может неблагоприятно сказаться на качестве шпона. При меньших значениях этого угла силовое воздействие на чурак резко увеличится, что нежелательно, так как это вызовет увеличение мощности, потребной на лущение, и нагрузки на чурак и шпиндели станка. Отжим ножа и линейки при лущении с обжимом объясняется дополнительным силовым воздействием чурака на линейку, нормальная составляющая которого препятствует внедрению линейки в древесину.

Расположение ножа относительно оси вращения шпинделей. Особенности влияния высоты расположения ножа относительно оси вращения шпинделей на силовые параметры лущения объясняются, на наш взгляд, главным образом изменением площадки контакта задней грани ножа с чурком.

С изменением расположения ножа относительно оси вращения шпинделей изменяется задний угол. По данным проф. А. Э. Грубе [2] фактический задний угол при лущении определяется из следующих выражений:

при смещении ножа вверх от оси шпинделей

$$\alpha = \alpha_y - \arctg \frac{S}{2\pi R} - \arcsin \frac{h}{R};$$

при смещении ножа вниз от оси шпинделей

$$\alpha = \alpha_y - \arctg \frac{S}{2\pi R} + \arcsin \frac{h}{R},$$

где α — действительный задний угол (угол между касательной к траектории относительного движения ножа и его задней гранью);

α_y — установочный задний угол (угол между вертикалью и задней гранью ножа);

h — смещение ножа от оси вращения шпинделей, мм;

S — толщина шпона, мм;

R — радиус чурака, мм.

При постоянных S , R и α_y , как это имело место в опытах, изменение фактического заднего угла вызывается смещением ножа. Следовательно, влияние высоты расположения ножа на силовые параметры лущения можно рассматривать как влияние заднего угла.

Это положение подтверждается одинаковым характером воздействия этих двух факторов на силовые параметры лущения и соответствует их взаимосвязи. Так, например, для следующих условий опытов:

$\alpha_y = 1^\circ 30'$, $R = 120$ мм, $S = 1,4$ мм; при $h = 5$ мм действительный задний угол $\alpha \approx -1^\circ 00'$, а при $h = -9$ мм $\alpha \approx 5^\circ 41'$.

Некоторое различие результатов опытов объясняется отсутствием полной аналогии явлений при изменении заднего угла и смещении ножа. В частности, при лущении с обжимом изменение расположения ножа связано с изменением площадки контакта передней грани линейки с чураком. Длина этой площадки, подсчитанная по предложенным нами формулам, для следующих условий лущения: $S = 1,5$ мм; $\Delta = 20\%$, $R = 120$ мм, $\beta_d = 58^\circ$, $\sigma = 84^\circ$, $\delta = 21^\circ$ при расположении ножа на уровне оси шпинделей составляет 1,0127 мм, выше оси на 6 мм — 0,8744, ниже оси на 6 мм — 1,2053 мм.

Если учесть, что силовое воздействие передней грани составляет только часть общего воздействия со стороны линейки, то установленное подсчетом изменение площадки контакта не может оказать заметного влияния на силовые параметры лущения. Вместе с тем это может вызвать некоторое изменение условий лущения, а, следовательно, и усилий.

Исходя из анализа влияния высоты расположения ножа на силовые параметры лущения для березы, на наш взгляд, целесообразно располагать нож на уровне оси шпинделей или выше примерно на 1 мм. При большем смещении ножа вверх от оси шпинделей имеет место нежелательное увеличение усилий; при смещении вниз от оси возможно ухудшение качества шпона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Андрезен. Сравнительное исследование лущильных станков. Гослес-техиздат, 1934. [2]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Гослесбумиздат, 1958. [3]. В. Н. Фелещук. Установка для измерения усилий при резании древесины с обжимом. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1961.

Поступила в редакцию
20 декабря 1963 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

СУЛЬФИТНАЯ ВАРКА ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ
С КИСЛОТОЙ НА СУЛЬФАТЕ НАТРИЯ

Ю. Н. НЕПЕНИН

Доцент, кандидат технических наук

В. Т. ВЕРЕВКИНА

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Способ сульфитной варки с варочной кислотой, содержащей в качестве основания сульфат натрия, подробно исследован нами ранее [1], [2], [3], [4], [6]. Было установлено, что к особенностям этого способа по сравнению с нормальной сульфитной варкой относятся повышенная активная кислотность и пониженная концентрация ионов бисульфита в варочном растворе. Источником бисульфитных ионов является сульфат, который под действием сернистой кислоты расщепляется на бисульфат и бисульфит. Увеличивая концентрацию сульфата, можно в известной степени повысить концентрацию бисульфита в начальном варочном растворе, однако высокая активная кислотность сохраняется, так как варочная кислота, содержащая сульфат, отличается хорошей буферностью.

Эрикссон и Стокман [5] провели интересные теоретические расчеты ионного состава кислоты, содержащей сульфат, при различных температурах и концентрациях сульфата в растворе. Рис. 1 показывает, что в пределах температур 100—150° С концентрация ионов бисульфита прак-

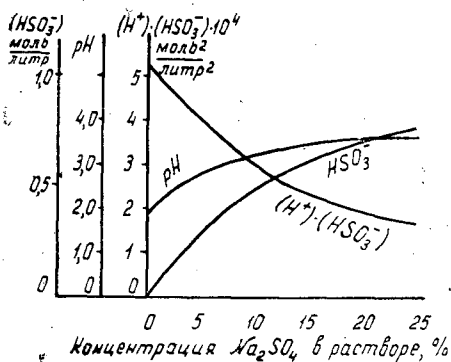


Рис. 1. Ионный состав кислоты, содержащей 7% всей SO₂ и 4% Na₂SO₄, зависимости от температуры (Эрикссон и Стокман).

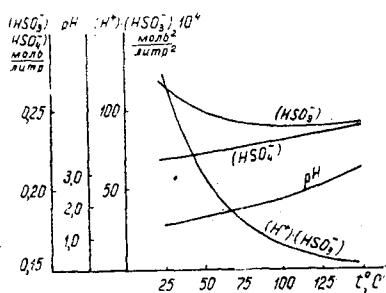


Рис. 2. Ионный состав кислоты, содержащей 6% всей SO₂, при температуре 140°, в зависимости от концентрации сульфата в растворе (Эрикссон и Стокман).

тически постоянна, в то время как рН возрастает примерно от 2 до 3 (кислота крепостью 7% всей SO_2 , содержащая 4% Na_2SO_4). Так как степень делигнификации зависит только от концентрации сульфлирующего агента (бисульфита), трудно ожидать, чтобы целлюлозы, полученные при различных температурах варки, имели различные свойства. Рис. 2 показывает влияние на ионный состав концентрации сульфата в кислоте, содержащей 6% всей SO_2 , при температуре 140° С. Как видно, с увеличением концентрации сульфата возрастает концентрация бисульфитных ионов при одновременном некотором росте рН, что должно обеспечивать возрастание скорости сульфирования в ущерб скорости гидролиза, и, следовательно, в этом случае можно ожидать изменения свойств целлюлозы.

Задача настоящей работы — исследование особенностей варки лиственной древесины с сульфитной кислотой на сульфате натрия. Для опытов были отобраны два здоровых бревна березы и осины диаметром 170—200 мм. Химический анализ древесины дал следующие результаты (в весовых %):

	Береза	Осина
Содержание целлюлозы Кюршнера	48,7	48,1
» лигнина	22,3	21,2
» пентозанов	25,0	21,5
» эфирного экстракта	1,45	1,95
» золы	0,18	0,16

Щепа имела длину 20 мм и толщину 2—3 мм.

В связи с тем, что лиственная древесина содержит меньше лигнина и больше гемицеллюлоз, чем хвойная, оптимальное соотношение между концентрациями бисульфитных и водородных ионов в варочном растворе, определяющее относительную скорость растворения лигнина и гемицеллюлоз, может оказаться иным, чем при варке еловой древесины. Поэтому основное внимание мы уделили установлению наиболее благоприятной концентрации сульфата в варочной кислоте при различных условиях варки.

Первую серию варок проводили с березовой щепой в автоклавах емкостью 1 л при концентрации всей SO_2 в кислоте 7%. Содержание сульфата варьировало от 0 до 15%. В каждый автоклав загружали 120 г щепы в расчете на сухой вес и заливали 600 мл кислоты. Температурный график варки был следующий: подъем до 105° С — 2 часа, стоянка на 105° С — 2 часа, подъем до 130° С — 2 часа, стоянка на 130° С — 1 час. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Варка без основания (№ 1) дала типичную картину «черной варки»: вместо целлюлозы была получена темно-коричневая щепа с выходом около 50% от древесины; произошел глубокий гидролиз углеводной части, на что указывают низкое содержание пентозанов в древесном остатке и высокий выход сахаров в щелоке.

Из результатов остальных варок ясно видно влияние концентрации сульфата в варочной кислоте. При концентрации 1% Na_2SO_4 (варка № 2) для нормального хода варки не хватало ионов бисульфита: целлюлоза получилась с низким выходом, темного цвета, жесткая и коstringичная. По мере увеличения концентрации сульфата до 4% (варки № 3—5) цвет целлюлозы светлеет, выход ее возрастает, содержание пентозанов в ней растет, а выход сахаров в щелоке падает. Оптимальной следует признать варку № 4 при концентрации 3% Na_2SO_4 в кислоте; в этом случае была достигнута минимальная жесткость целлюлозы. Интересно отметить, что варки № 3—5 происходили практически при одном и том же значении рН варочного раствора и наблюдаемая

Таблица I

№ варок	Варочная кислота		Выход целлюлозы, % от древесины	Показатели целлюлозы			Показатели щелока		
	содержание Na ₂ SO ₄ , %	pH		жесткость по Бьеркману	содержание пентозанов, %	цвет	содержание всей SO ₂ , %	pH	содержание сахаров, %
1	0,0	1,00	50,4	—	2,98	Темно-коричневый	2,56	0,80	2,80
2	1,0	1,00	44,0	137	5,13	Темно-розовый	1,98	0,90	2,62
3	2,0	1,05	45,0	81	8,28	Розовый	2,62	0,80	2,53
4	3,0	1,10	48,0	68	8,60	Розовый	3,77	0,80	1,65
5	4,0	1,02	49,0	77	9,10	Светло-розовый	2,24	0,85	1,60
6	8,0	1,70	56,5	131	11,28	"	3,77	0,90	1,33
7	15,0	1,80	64,6	—	12,40	Светлая непроваренная щепка	3,81	0,90	1,38

Примечание. Варки № 1 и 7 дали сплошной непровар; в варках № 2—6 непровар отсутствовал.

между ними разница в результатах должна быть, следовательно, отнесена только за счет влияния бисульфитных ионов, источником которых является сульфат.

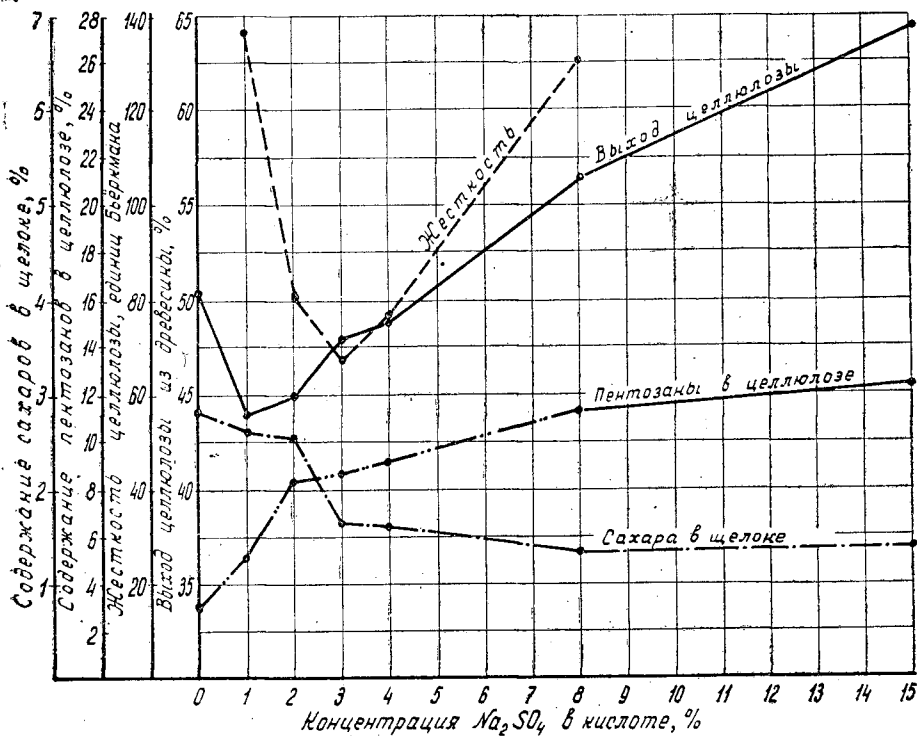


Рис. 3. Влияние концентрации сульфата в растворе на результаты варки березовой щепы с кислотой крепостью 7% всей SO₂ при максимальной температуре варки 130° (варка в однолитровых автоклавах).

В кислоте варок № 6 и 7 содержание сульфата было уже избыточным; это вызвало заметное понижение активной кислотности (повышение pH) и в результате — задержку растворения лигнина и гемицеллюлоз. Об этом свидетельствует высокий выход, высокая жесткость, высокое содержание пентозанов в древесном остатке (целлюлозе) и низкое содержание сахаров в щелоке. Варка № 7 с 15% Na_2SO_4 в кислоте протекала настолько медленно, что была получена непроваренная щепка с выходом 65% от древесины.

Рис. 3 наглядно показывает изменение выхода целлюлозы, жесткости, содержания пентозанов в целлюлозе и выхода сахаров в щелоке в зависимости от концентрации сульфата в кислоте.

Основываясь на результатах первой серии варок, можно при варке лиственной древесины считать благоприятной концентрацию сульфата в пределах от 2 до 4% Na_2SO_4 . С целью уточнения мы провели с такой концентрацией сульфата еще несколько серийных варок березовой, осинового щепы и их смеси при крепости кислоты 7 и 4% всей SO_2 в автоклавах емкостью 1 л, обогреваемых на масляной бане (табл. 2). С кис-

№ варок	Сырье для варок	Крепость кислоты	Варочная кислота		Выход целлюлозы, % от древесины
			содержание Na_2SO_4 , %	pH	
8	100%-ная березовая щепка	4% всей SO_2	2,0	0,99	37,0
9	"	"	3,0	1,00	44,3
10	"	"	4,0	1,00	48,0
11	100 %-ная осиновая щепка	7% всей SO_2	2,0	1,00	55,0
12	"	"	3,0	0,99	54,0
13	"	"	4,0	1,02	55,2
14	"	4% всей SO_2	3,0	1,00	45,8
15	"	"	4,0	1,00	52,5
16	Смешанная щепка (50% березы + 50% осины) . . .	7% всей SO_2	2,0	1,00	44,8
17	"	"	3,0	1,00	47,6
18	"	"	4,0	1,05	49,0

Примечание. Во всех варках была получена полностью проваренная цел-

лотой крепостью 7% SO_2 осиновую и смешанную березово-осиновую щепу варили по тому же графику, что и березовую (варки № 1—7 из табл. 1). График варки березовой и осинового щепы с кислотой крепостью 4% SO_2 был следующий: подъем до 105°C — 2 часа, стоянка на 105°C — 2,5 часа, подъем до 140°C — 3,5 часа, стоянка на 140°C — 1 час.

Сопоставляя результаты варок № 8—10 из табл. 2 и варок № 3—5 из табл. 1, нетрудно заметить, что при слабой кислоте (4% SO_2) и повышенной температуре (140°C) концентрация 2% Na_2SO_4 в кислоте уже недостаточна для успешного провара березовой щепы: целлюлоза получилась серого цвета, жесткая, с низким выходом (варка № 8). Оптимальным содержанием сульфата для слабой кислоты надо признать 4 (варка № 10), а не 3%, как было в серии варок с кислотой крепостью 7% SO_2 при 130°C (варка № 4 из табл. 1). Такое же повышение оптимального содержания сульфата с 3 до 4% наблюдается в серийных варках осинового щепы (№ 12 и 15) при переходе от варок с крепкой кислотой при 130°C к варкам со слабой кислотой при 140°C .

Это явление было отмечено нами ранее [2] при варках еловой щепы. Таким образом, основные закономерности в отношении влияния крепости кислоты и температуры варки на оптимальное содержание сульфата оказываются одинаковыми для хвойных и лиственных пород древесины.

При сопоставлении между собой результатов варок осиновой и березовой щепы обращают на себя внимание более высокие выходы целлюлозы, достигаемые при варке осины, при одновременно более глубокой степени провара. По цвету осиновая целлюлоза по сравнению с березовой имеет более светлый розовый оттенок.

Однако совместная варка осиновой и березовой щепы (№ 16—18) дает результаты, худшие не только по сравнению с варками 100%-ной осиновой щепы в тех же условиях (варки № 11—13), но и по сравнению с варками 100%-ной березовой щепы (№ 3—5 из табл. 1). Оптимальное содержание сульфата в кислоте для варок смешанной щепы оказывается более высоким (4% Na_2SO_4 , варка № 18), чем для варок чистой осиновой и чистой березовой щепы при той же крепости кислоты (3%

Таблица 2

Показатели целлюлозы			Показатели щелока		
жесткость по Бьеркману	содержание пентозанов, %	цвет	содержание всей SO_2 , %	pH	содержание сахаров, %
115	5,46	Серый	1,50	0,79	3,21
69	6,27	Розовый	1,34	0,82	2,78
62	8,60	Розовый	1,44	0,86	2,48
40	7,61	Розовый	2,59	0,80	2,33
30	6,62	Светло-розовый	2,90	0,85	2,40
64	10,60	"	3,20	0,90	2,21
51	4,96	Розовый	1,44	0,79	2,50
53	5,61	Светло-розовый	1,47	0,75	2,03
141	5,80	Темно-розовый	3,23	0,80	2,37
85	4,80	"	3,32	0,85	2,48
69	7,10	"	3,78	0,85	2,24

люлоза (без непровара).

Na_2SO_4 , варки № 4 и 12). Цвет целлюлозы получается более темный, чем при варке березовой щепы. Таким образом, совместная варка осиновой и березовой древесины нецелесообразна.

В дальнейшем были проведены отдельные варки березовой и осиновой щепы в автоклаве емкостью 5 л, снабженном электрическим обогревом. В автоклав на каждую варку загружали 600 г щепы (в расчете на сухой вес) и заливали 3000 мл кислоты. Крепость кислоты составляла 7% всей SO_2 . Температурный график был следующий: подъем до 105°C — 2 часа, стоянка на 105°C — 2 часа, подъем до 130°C — 2 часа, стоянка на 130°C — 1,5 часа при варке березовой и 1 час 15 мин. — при варке осиновой щепы. Полученные целлюлозы подвергали размолу в мельнице Иокро до 60°ШР , после чего в отливках определяли механические свойства — разрывную длину и число двойных перегибов.

В табл. 3 приведены результаты варок в автоклаве емкостью 5 л.

Варки березовой щепы № 19 и 20, проведенные в автоклаве емкостью 5 л при одном и том же содержании сульфата в кислоте (2,5% Na_2SO_4), показывают вполне удовлетворительную воспроизводимость

Таблица 3

№ варок	Сырье для варок	Содержание Na_2SO_4 в варочной кислоте, %	Выход целлюлозы, % от древесины	Химические свойства целлюлозы					Механические свойства целлюлозы	
				жесткость по Бьеркману	вязкость медноаммиачная, млз	содержание, %			разрывная длина, м	число двойных перегибов
						пентозанов	альфа-целлюлозы	эфирного экстракта		
19	Березовая щепа	2,5	46,2	87	459	7,95	—	—	—	—
20	" " " "	2,5	46,5	85	467	7,80	87,3	—	6360	613
21	" " " "	3,0	40,7	66	87	3,98	—	—	5890	105
22	" " " "	3,5	46,1	70	433	7,45	—	1,37	6550	1042
23	Осиновая щепа	0,5	51,2	105	119	4,58	—	—	3860	10
24	" " " "	1,0	50,5	65	90	2,98	—	1,58	4160	16
25	" " " "	1,5	49,0	42	63	2,65	—	—	2780	7
26	" " " "	2,0	49,5	36	66	3,15	—	—	2980	8

Примечание. Непровар отсутствовал во всех варках; для варки № 21 время стоянки на конечной температуре увеличено до 2,5 час.

результатов. В то же время жесткость целлюлозы при варке в пятилитровом автоклаве оказывается несколько более высокой, чем при варке в тех же условиях в малых автоклавах (сравн. варки № 3 и 4 из табл. 1).

При проведении варки № 21 с концентрацией 3% Na_2SO_4 в кислоте была сделана попытка получить мягкую целлюлозу путем удлинения стоянки на конечной температуре до 2,5 час, но эта попытка не удалась.

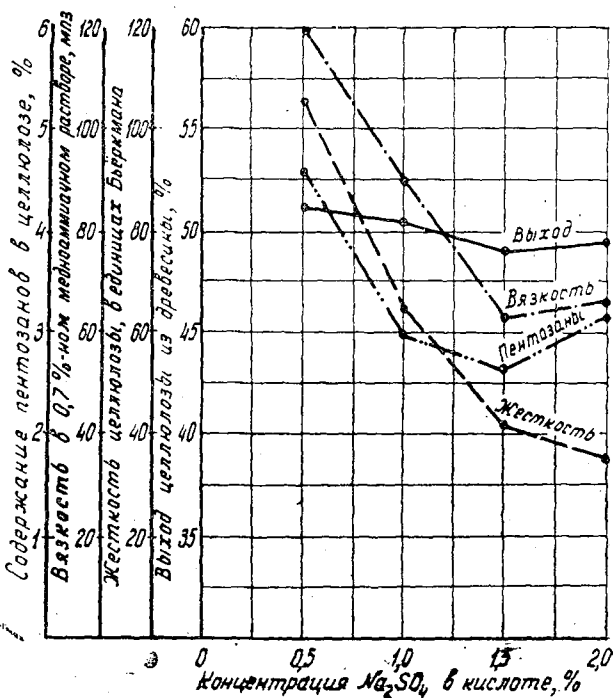


Рис. 4. Влияние концентрации сульфата в растворе на результаты варки осинового щепа с кислотой крепостью 7% всей SO_2 при максимальной температуре 130° (варки в пятилитровом автоклаве).

произошло значительное снижение выхода, вязкости, содержания пентозанов и ухудшение механических свойств целлюлозы; жесткость удерживалась в средних границах.

Варка № 22 при содержании в кислоте 3,5% Na_2SO_4 и продолжительности стоянки на 130° С — 1,5 часа дала целлюлозу с вполне удовлетворительными химическими и механическими свойствами, но также имевшую среднюю жесткость. Таким образом, необходимо отметить трудность получения мягких целлюлоз из березовой древесины.

При варках осинового щепы в автоклаве емкостью 5 л была исследована возможность снижения концентрации сульфата в кислоте вплоть до 0,5% (рис. 4). Как видно из рисунка, при уменьшении содержания сульфата ниже «оптимального» возрастают жесткость целлюлозы (при небольшом увеличении выхода), вязкость и содержание пентозанов и несколько улучшаются механические свойства целлюлозы. При содержании сульфата 2% получилась хорошо проваренная мягкая целлюлоза (варка № 26). Однако механические качества осинового целлюлозы оказываются значительно хуже, чем березовой; особенно низко сопротивление излому (число двойных перегибов).

В заключение были сделаны пробные опыты отбелки. Для этих опытов были отобраны березовая целлюлоза варки № 22 и осиневая варка № 24 и 26.

Отбелку первой из них проводили с расчетом получения вискозной облагороженной целлюлозы по следующему режиму: 1) хлорирование при концентрации массы 2,5% с расходом хлора 2,2% к весу волокна в течение 45 мин; 2) щелочение при концентрации массы 6% с расходом NaOH 2% к весу волокна, при температуре 40° С в течение 30 мин; 3) облагораживание при концентрации массы 10% с расходом NaOH 10% к весу волокна при температуре 95° С, в течение 2 час; 4) первая ступень гипохлоритной отбелки с расходом хлора 0,9% к весу волокна, при концентрации массы 8% и температуре 40° С в течение 2 час; 5) вторая ступень гипохлоритной отбелки с расходом хлора 0,6% к весу волокна, при концентрации массы 6% и температуре 45° С в течение 3 час; 6) добелка двуокисью хлора при концентрации массы 10% и температуре 60° С, с расходом хлора 0,5% к весу волокна в течение 2 час; 7) кисловка с расходом 1% SO_2 к весу волокна, при концентрации массы 3% в течение 1 часа.

Выход беленой целлюлозы по отношению к исходной небеленой составил 75%, причем наибольшие химические потери (11,1%) наблюдались при облагораживании.

Отбелку осинового целлюлозы вели по более простой схеме с расчетом получения беленых целлюлоз, пригодных для выработки бумаги; хлорирование — с расходом хлора 0,7 (целлюлоза № 26) и 1,6% (целлюлоза № 24) в течение 45 мин при концентрации массы 2,5%. Далее

Таблица 4

№ целлюлоз	Степень белизны, %	Химические свойства				Механические свойства при размоле до 60° ШР	
		вязкость 0,7%-ного мелано-аммиачного раствора, млз	содержание, %			разрывная длина, м	число двойных перегибов
			пентозанов	альфа-целлюлозы	эфирного экстракта		
22 (береза)	79	185	5,63	93,5	0,23	5400	550
24 (осина)	76	88	—	89,2	0,96	4430	69
26 (осина)	83	68	—	88,5	—	4450	96

следовало щелочение при тех же условиях, что и отбелка березовой целлюлозы, и добелка двуокисью хлора в течение 3 (целлюлоза № 26) или 3,5 час (целлюлоза № 24), с расходом хлора 0,5% к весу волокна при концентрации массы 10%. В заключение проводили кислотку сернистой кислотой в тех же условиях, что и для березовой целлюлозы.

Результаты анализа беленых целлюлоз приведены в табл. 4.

Качество вискозной облагороженной целлюлозы из березовой древесины можно признать удовлетворительным, хотя приходится отметить ее невысокую белизну, несмотря на добелку двуокисью хлора. Относительно лучшую белизну удалось получить при отбелке мягкого образца осиновой целлюлозы. Заслуживает внимания, что в процессе отбелки осиновой целлюлозы произошло существенное улучшение механических свойств, в особенности сопротивления излому.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Н. Непенин. Журн. «Бумажная промышленность» 26, № 2, 1951.
- [2]. Ю. Н. Непенин. Журн. «Бумажная промышленность» 26, № 4, 1951.
- [3]. Ю. Н. Непенин. Журн. «Бумажная промышленность» 32, № 7, 1957.
- [4]. Ю. Н. Непенин. Сб. «Варка сульфитной целлюлозы с растворимыми основаниями», ЦИНТИ бумажной и деревообрабатывающей промышленности, 1961, стр. 52—64.
- [5]. J. Eriksson, L. Stockman. «Svensk Papperstidning», 61 № 17, 1958, s. 547—557.
- [6]. J. N. Niepienin. «Przegląd Papierniczy» 16, № 3, 1960, 65—72.

Поступила в редакцию
10 ноября 1963 г.

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ ИЗ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Сообщение 2

Н. Я. СОЛЕЧНИК

Профессор, доктор технических наук

К. ХАМАР

Кандидат технических наук

В. М. АНИКИЕВА

Старший инженер проблемной лаборатории

(Ленинградская лесотехническая академия)

В предыдущих исследованиях мы изучили вопрос связи между глубиной автокаталитической гидролитической деструкции и физико-механическими свойствами древесного пластика из древесины ели без добавления связующих. Было найдено, что для получения пластика повышенного качества требуется значительная деструкция легкогидролизуемой части; наилучшие физико-механические показатели получаются в случае наиболее полного гидролиза легкогидролизуемых до такого водорастворимого состояния, когда в водном экстракте в основном содержатся моносахариды.

Анализируя результаты исследования свойств пластика (прочность на статический изгиб, водопоглощение и набухание) в зависимости от глубины водного автокаталитического гидролиза, условий прессования и состава растворимых веществ, мы пришли к предположению, что участие низкомолекулярных соединений в создании пластика заключается не в чисто химических, как это предполагается в литературе, а в физических и физико-механических процессах: с одной стороны, низкомолекулярные пластифицируют высокомолекулярные соединения, делая этим их более подвижными и способными к созданию связей между поверхностями частиц; с другой стороны, низкомолекулярные сахара (в основном моносахариды) — исходное вещество для гидрофобных соединений. Убедиться в правильности этого предположения, в частности, можно, изучив влияние количества водорастворимых на свойства пластика и заменив растворимую часть веществом, которое может играть роль пластификатора и не может являться склеивающим материалом.

Для определения того, как влияет количество водорастворимых на свойства пластика, в первом варианте мы проводили ступенчатое удаление растворимых в горячей воде из гидролизованных и высушенных опилок и во втором варианте вводили в гидролизованные, экстрагированные горячей водой и высушенные опилки разные количества водного экстракта.

В первом варианте гидролизованные при 170° С в течение двух часов опилки экстрагировали 96- и 30%-ным этиловым спиртом, холодной и

горячей водой. Таким образом были получены опилки, в которых отсутствовали продукты определенных фракций растворяющихся веществ. После сушки до влажности 1% из приготовленных опилок прессовали пластики при одинаковых условиях — температура прессформы 180° С, время 1 мин на 1 мм толщины образца, удельное давление 250 кГ/см². Результаты испытаний на статический изгиб в зависимости от ступенчатого удаления водорастворимых в горячей воде приведены в табл. 1.

Таблица 1

Гидролизированные опилки с различной обработкой	Количество растворимых в горячей воде после обработки, %	Прочность на изгиб, кГ/см ²	Степень полимеризации растворимых углеводов
Исходные	15	340	—
Обработанные 96 %-ным этанолом	6,8	287	1
Обработанные 30 %-ным этанолом	4,5	240	≈ 5-6
холодной водой	2,8	220	≈ 11
горячей водой	0	176	≈ 14

Из таблицы видно, что с уменьшением количества растворимых в горячей воде прочность падает.

Во втором варианте гидролизированные опилки (те же самые, что использовали в предыдущем случае для ступенчатой экстракции) экстрагировали горячей водой и высушивали. Водный экстракт выпаривали на водяной бане и досушивали под вакуумом до постоянного веса. Потом был приготовлен 15 %-ный раствор экстракта и по требуемому весу введен в экстрагированные и высушенные опилки. После сушки из приготовленных опилок образцы прессовали при тех же условиях, что и в предыдущем случае. В табл. 2 показаны свойства пластика в зависимости от ступенчатого прибавления водорастворимых.

Таблица 2

Количество экстракта, % от сухих экстрагированных опилок	Количество экстракта, % от смеси	Прочность на изгиб, кГ/см ²	Набухание за 24 часа, %	Вологопоглощение за 24 часа, %
0	0	180	Рассыпается	—
5	4,8	225	—	—
10	9,1	304	7,7	6,5
20	16,7	352	1,4	1,6
30	23,1	358	1,7	1,8
30	28,6	352	—	—
50	33,4	328	1,3	1,6

Согласно данным табл. 2, наблюдается также закономерность в изменении прочности образцов при постепенном прибавлении водного экстракта в гидролизированные и экстрагированные горячей водой опилки.

На рис. 1 хорошо видно, что в обоих вариантах линии прочности в зависимости от количества водорастворимых имеют одинаковый характер. При концентрации экстрактов около 16% имеет место точка насыщения. Выше этой концентрации не наблюдается улучшения свойств пластика ни в прочности, ни в водостойкости.

Гидролизированные при 170° С в течение двух часов опилки экстрагировали горячей водой и высушивали при 110° С до влажности ~ 1%. К этим экстрагированным и высушенным опилкам добавляли пласти-

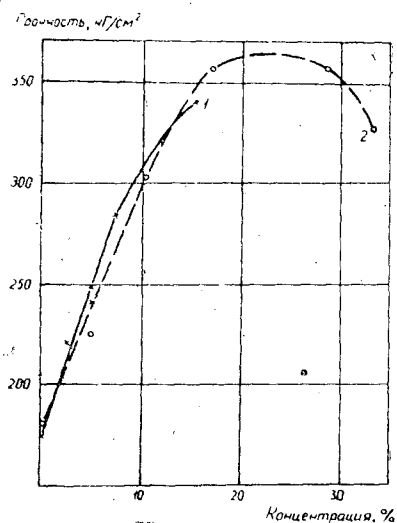


Рис. 1. Прочность образцов в зависимости от количества водного экстракта.

1 — ступенчатое удаление экстракта;
2 — ступенчатое прибавление экстракта.

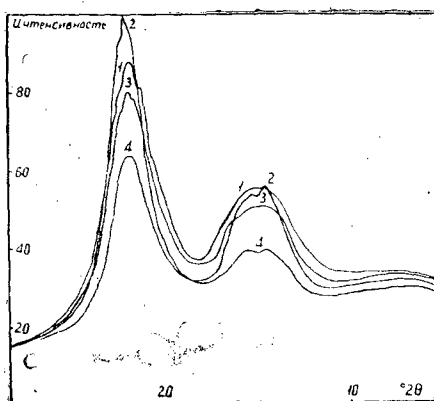


Рис. 2. Рентгенограммы негидролизованной холоцеллюлозы и холоцеллюлозы, подвергнутой водному гидролизу до и после прессования.

1 — негидролизованная холоцеллюлоза;
2 — гидролизованная холоцеллюлоза;
3 — негидролизованная холоцеллюлоза после прессования;
4 — гидролизованная холоцеллюлоза после прессования.

фикатор — камфару. После полного испарения растворителя образцы были запрессованы в тех же условиях, что и в случае добавки водного экстракта. В случае добавления 20% камфары прочность на изгиб стала на 100 кг/см^2 выше (без камфары $\sigma = 152 \text{ кг/см}^2$, с камфарой $\sigma = 254 \text{ кг/см}^2$), но ниже, чем полученная в случае присутствия 20% водного экстракта.

Другая картина получается, когда камфару вводили путем инклюдирования. В этом случае во время сушки структура волокна не уплотняется, а остается более доступной для проникновения реагента. Чтобы разрушенность поверхности гидролизованных опилок сохранилась после экстракции горячей водой, их не высушивали, а после фильтрования сразу обрабатывали метиловым спиртом. Затем в опилки вводили 20% камфары. После сушки из этих опилок были запрессованы образцы при таких же условиях, что и в предыдущих опытах. При этом прочность на статический изгиб, взятая как средняя из трех определений, была равна 358 кг/см^2 , что практически полностью совпадает с прочностью образцов, приготовленных с водным экстрактом. Такой же результат получается, если после экстракции и сушки опилки обрабатывали этиленидиамином, после чего способом инклюдирования вводили камфару.

Замена водорастворимых пластификаторами показывает, что в создании прочности пластика экстрактивные вещества играют, в частности, роль пластификатора и что нерастворимая часть гидролизованной древесины обеспечивает и определяет прочность пластика. Для проверки этого вывода мы меняли водорастворимые вещества гидролизованных опилок березы и ели, то есть после удаления растворимых веществ одной древесной породы вводили водорастворимые другой породы. После такой замены величина прочности на статический изгиб, характерная для взятых пород, остается в тех же пределах.

Эти результаты хорошо подтверждаются на исходном негидролизованном древесном материале. Прочность образцов значительно увеличивается при добавлении в исходные еловые опилки низкомолекулярных веществ, особенно углеводов. Например, при добавлении 20%-водного экстракта или глюкозы прочность на статический изгиб увеличивается от 137 до 433—481 кг/см^2 . Образцы были запрессованы при одинаковых условиях (180° С, 1 мин/мм, 250 кг/см^2). Результаты испытаний образцов, полученных при одинаковых условиях прессования (кроме времени прессования) показывают, что прочность пластика в основном зависит от изменения физического состояния нерастворимой части гидролизованной древесины во время прессования.

В табл. 3 приведены прочность и водостойкость образцов в зависимости от времени прессования.

Таблица 3

Условия прессования	Время прессования образцов, мин/мм	Прочность статический изгиб, кг/см^2	Водостойкость	
			набухание за 24 часа, %	водопоглощение за 24 часа, %
В предварительно нагретой прессформе	0,25	326	27,9	21,3
	0,5	321	19,8	15,2
	1	335	15,5	12,1
	2	313	6,2	5,3
Совместный нагрев опилок и прессформы под давлением	1	324	2,9	2,7

Как видно из данных табл. 3, прочность образцов практически одинакова независимо от времени прессования, а водостойкость очень сильно зависит от продолжительности термического воздействия.

Для подтверждения того, что прочность в основном определяется физическим состоянием целлюлозы опилок, то для ее создания требуется большая подвижность целлюлозы во время прессования, мы изучали аморфно-кристаллическое соотношение в препаратах опилок до и после прессования. Для сравнения степени ориентации целлюлозы полученных пластиков были сняты рентгенограммы с исходной древесины (опилок), с гидролизованной и пластиков. Сравнение рентгенограмм показало, что интенсивность дифракционного максимума довольно заметно снижается после прессования, если во время прессования присутствует низкомолекулярная фракция. Это не наблюдается или наблюдается очень незначительно, когда последняя отсутствует. Это же происходит в случае холоцеллюлозы, как это видно на рис. 2. Интенсивность дифракционного максимума почти не меняется после прессования у негидролизованной, не содержащей водорастворимых углеводов (пластификаторов), холоцеллюлозы (прочность на статический изгиб 110—120 кг/см^2); у гидролизованной интенсивность дифракционного максимума значительно снижалась после прессования (прочность на статический изгиб 474 кг/см^2).

Полученные результаты показывают, что наше предположение о существенной роли низкомолекулярных фракций в создании пластика в основном подтверждающееся. Выявлено также, что прочность пластика зависит от состояния высокомолекулярной углеводной части

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕНОКСИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ЛИГНИНА

В. М. НИКИТИН

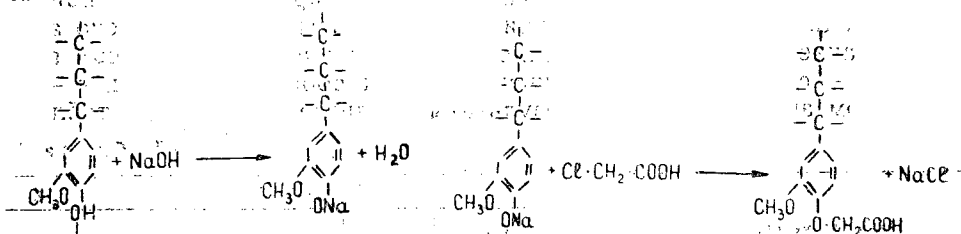
Профессор, доктор химических наук

Т. М. КРОШИЛОВА

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Разнообразные технические лигнины реагируют со щелочами, образуя соли, которые получают при взаимодействии фенольных, энольных и карбоксильных групп со щелочами. Эти кислые группы разнообразны по своему характеру и для усиления степени диссоциации лигнина как кислоты бывает целесообразно вытеснить слабокислые фенольные группы карбоксильными. Таким методом получают простые эфиры лигнина



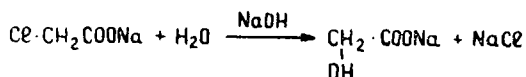
Способ получения карбоксильных производных лигнина с α -галогидными кислотами запатентован [2], однако исследовательских работ по этому вопросу опубликовано не было. Какие-либо данные о течении реакции и о строении полученных продуктов в патенте не приведены.

— Н. И. Никитин и Т. И. Руднева [1] изучали взаимодействие хлоруксусной кислоты с лигнином Вильштеттера, однако они получили не простой, а сложный эфир по реакции

Изучая химические реакции сульфатного (щелочного) и гидролизного лигнинов, мы получили простые эфиры лигнина при взаимодействии его с монохлоруксусной кислотой по обычной методике.

30 г сульфатного лигнина, полученного из черного шелока осаждением углекислотой и обеззоленного нагреванием с разбавленной соля-

ной кислотой, растворяли в 2%-ном растворе едкого натра с учетом некоторого избытка щелочи на взятое количество лигнина. К холодному раствору постепенно добавляли 12 г натриевой соли монохлоруксусной кислоты. Перед началом реакции рН среды должно быть не более 10, так как при повышенных рН может идти образование соли гликолевой кислоты



в результате чего реакция карбоксилирования лигнина может идти не полностью. Снизить рН можно добавлением концентрированного раствора монохлоруксусной кислоты. По окончании реакции раствор охлаждали и подкисляли соляной кислотой до выпадения осадка лигноуксусной кислоты, которую промывали и высушивали. Выход продукта составлял 87% (в расчете от взятого количества лигнина). Полученная лигноуксусная кислота содержит в пять раз больше (5,17%) карбоксильных групп, чем исходный лигнин (0,97%); она растворима в щелочи, диоксане, метиловом спирте. Для гидролизного лигнина условия конденсации такие же, но в силу нерастворимости его в растворе щелочи время на нагрев до начала реакции и после добавления соли монохлоруксусной кислоты увеличивали. В этом случае лигноуксусная кислота содержит в два раза больше карбоксильных групп (5,49%), чем исходный лигнин (2,79%). Она не обладает заметной растворимостью в каких-либо растворителях. Выход составляет 94%.

Полученные лигноуксусные кислоты анализировали по общепринятым методикам. Общее содержание гидроксильных групп найдено ацетилированием уксусным ангидридом в среде пиридина, фенольные гидроксилы — с раствором гидроокиси бария, карбоксильные группы — с раствором ацетата кальция. Результаты анализов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Процентов						
	ОН по Верлею	фенольных ОН	COOH	ОСН ₃	C	H	S
Лигнин щелочной исходный	12,40	7,87	0,97	13,12	66,5	6,32	3,4
Лигноуксусная кислота из щелочного лигнина	10,87	6,65	5,17	11,4	64,2	5,95	—
Лигнин гидролизный исходный	8,31	6,25	2,79*	—	—	—	—
Лигноуксусная кислота из гидролизного лигнина	6,93	4,94	5,49	—	—	—	—

* Содержит кислые группы — сульфокислотные.

Полученные карбоксипроизводные лигнина представляют интерес как промежуточные продукты для дальнейших синтезов. Как уже указывал Д. Пирс, водорастворимые Na-, K-, NH₄- соли этих кислот могут применяться для пропитки тканей, древесины (придавая им гидрофобность) и обладать инсектицидными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. И. Никитин, Т. И. Руднева, ЖПХ, 10, 1937. [2] Д. Пирс. Патент 2,503, 297, апр. 11, 1950.

Поступила в редакцию
4 мая 1964 г.

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ НА ПРОКЛЕЙКУ БУМАГИ

Сообщение 1

А. Ф. КИПРИАНОВА

Аспирант

В. И. ЮРЬЕВ

Профессор, доктор технических наук

(Ленинградская лесотехническая академия)

Проклейка бумаги, являясь сложным процессом бумажного производства, зависит от многих факторов. Один из главных факторов, определяющий качество проклейки, — свойства волокнистых материалов, под которыми понимают их морфологические, химические и поверхностно-электрохимические особенности. В проведенных ранее исследованиях неодинаковую проклеиваемость целлюлозы разного происхождения пытались объяснить изменением какого-нибудь одного показателя, характеризующего данный материал.

Способность целлюлозы проклеиваться Гарольд и Бьялковский [11] связывали с ее способностью поглощать NaOH из растворов едкого натра и смоляного клея. Хинчин [11] считал причиной неодинаковой проклейки волокнистых материалов разное содержание в них пентозанов и золы; при этом он имел в виду обменно-адсорбционную золу: чем больше этой золы в целлюлозе, тем легче она должна проклеиваться. Однако ни одно из предположений не было полностью подтверждено практикой. Это, вероятно, объясняется тем, что проклейка целлюлозы разного происхождения не определяется изменением только одного показателя из совокупности показателей, определяющих свойства целлюлозных материалов.

На значение неотмываемой золы для проклейки указывали и другие исследователи [2], [3], [4]. Они показали, что при проклейке происходит катионный обмен между золой и глиноземом. Алюминий адсорбируется волокном, что улучшает проклейку. К подобным выводам пришел и О. Браунс [13], установивший, что проклеиваемость разных целлюлоз находится в зависимости от способности волокон поглощать ионы алюминия.

Основные закономерности обменной адсорбции на целлюлозных материалах были установлены в работах сотрудников кафедры физической и коллоидной химии Ленинградской лесотехнической академии [8], [12]. Найдено, что адсорбционными центрами в целлюлозе являются кислые функциональные группы. Количество их зависит от чи-

стоты материала. Обменно-адсорбционная способность целлюлозы при постоянной концентрации обменивающегося катиона металла находится в прямолинейной зависимости от рН равновесного раствора. Интервал рН, в котором сохраняется определенный характер этого прямолинейного соотношения, может изменяться в зависимости от кислотности раствора, сорта целлюлозы, природы адсорбируемых катионов и их концентрации.

Способность целлюлозных материалов обмениваться катионами металлов сильно возрастает с увеличением содержания карбоксильных групп и пропорциональна их количеству в целлюлозном препарате.

Проведенные исследования влияния обменно-адсорбционной зольности на проклейку бумаги пока не дают окончательного ответа на вопрос о роли обменной зольности в процессе проклейки. В данной работе мы изучали влияние адсорбции катионов металлов на проклейку бумаги.

Экспериментальная часть

Для исследования брали два вида технической целлюлозы — небеленую и беленую сульфитную. Характеристика образцов целлюлозы приведена в табл. 1.

Таблица 1

Вид сульфитной целлюлозы	Жесткость, %Б	Содержание пентозанов, %	Содержание лигнина, %	Содержание α-целлюлозы, %	Содержание золы, %
Небеленая	60,5	3,14	2,65	—	0,35
Беленая	—	2,55	0,20	83,8	0,33

Целлюлозу, размолотую до 40° ШР, обеззоливали 0,1н раствором HCl [12]. Содержание золы после обеззоливания в отдельных партиях колебалось в пределах от 0,03 до 0,10%. Затем производили адсорбцию соответствующих катионов на целлюлозе путем заливки навески обеззоленной целлюлозы (с влажностью 75—70%) 0,2н раствором соли данного катиона [12]. Насыщение целлюлозы проводили при рН, обеспечивающих максимальную адсорбцию катиона на этих видах волокнистого материала.

В образцах целлюлозы после насыщения определяли влажность, количество адсорбированного катиона и способность к проклейке. Адсорбцию катионов на целлюлозе изучали методом вытеснения [12]. Образец целлюлозы, насыщенный данным катионом, обрабатывали пять раз 0,1н раствором HCl, и количество вытесненного катиона определяли подходящим аналитическим методом. Концентрацию иона Ca^{2+} определяли весовым способом в форме моногидрата оксалата кальция [14], иона Cu^{2+} — иодометрически [5], ионов Mg^{2+} и Al^{3+} — весовым методом в виде оксихинолятов этих металлов [1], иона Na^{1+} — методом пламенной фотометрии [7], иона Fe^{3+} — иодометрически [6]. Для проклейки целлюлозной массы применяли белый канифольный клей с содержанием 28—30% свободной смолы. Концентрация сухого вещества в клее колебалась в пределах от 20 до 24 г/л. Проклейку проводили при концентрации суспензии волокна 4% при постоянном перемешивании. Для коагуляции клея применяли сернокислый глинозем $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ с концентрацией 80—90 г/л; рН при проклейке определяли с помощью стеклянного электрода. Затем из проклеенной массы, разбавленной дистиллированной водой до концентрации 1%, изготовляли образ-

разцы, бумаги на листоотливном аппарате. Бумагу отливали на дистиллированной воде. Вес 1 м^2 — 65 г. Сушили бумагу при 104 — 106°C . После кондиционирования в эксикаторе над насыщенным раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, обеспечивающим при $t = 20^\circ \text{C}$ относительную влажность воздуха, равную 65%, образцы бумаги взвешивали и в них устанавливали степень проклейки. Вначале ее определяли тремя методами: штриховым, сухого индикатора и краевого угла [13]. В дальнейшем от последнего метода пришлось отказаться, так как он, не отличаясь хорошей чувствительностью, более трудоемок.

Влияние адсорбированных катионов металлов на проклейку бумаги

Зола целлюлозы состоит из «механической», обменно-адсорбционной и индифферентной золы [12]. Для выяснения роли каждого вида золы в процессе проклейки проклеивали исходную целлюлозу, содержащую всю золу; целлюлозу, из которой была удалена механическая зола, путем тщательной промывки ее дистиллированной водой; обеззоленную целлюлозу, лишенную обменной золы посредством обработки ее $0,1 \text{н. HCl}$. Расход проклеивающих материалов составлял 3% клея и 4% глинозема от веса абс. сухого волокна. Результаты опытов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Проклеиваемая целлюлоза	% золы	pH при проклейке	Степень проклейки
Небеленая:			
техническая	0,35	4,05	1,72
техническая после промывки дистиллированной водой	0,29	4,05	2,40
обеззоленная	0,05	3,31	0,80
Беленая:			
техническая	0,33	4,12	2,70
техническая после промывки дистиллированной водой	0,19	4,05	3,30
обеззоленная	0,04	3,25	1,85

Таблица 3

Форма целлюлозы	pH равновесного раствора при насыщении	Адсорбировано катионов металлов, м-экв/100г	pH при проклейке	Степень проклейки	
				мм	сек
H	—	—	3,31	0,8	40,4
Na	5,70	7,46	3,86	1,55	50,9
Ca	6,19	6,09	3,86	1,85	49,4
Cu	4,80	7,05	3,85	1,82	54,1
Mg	5,2	5,44	3,85	1,75	50,1
Al	4,02	22,41	4,18	2,00	52,3

Полученные результаты показывают положительное влияние обменно-адсорбционной зольности на проклейку; удаление ее из целлюлозы приводит к резкому падению степени проклейки. Это нашло свое подтверждение на примере солевых форм целлюлозы, полученных насыщением обеззоленного материала катионами металлов. Результаты проклейки небеленой и беленой сульфитной целлюлозы в разных формах приведены соответственно в табл. 3 и 4. Низкая степень проклейки в

Таблица 4

Форма целлюлозы	рН равновесного раствора при насыщении	Адсорбировано катионов металлов, $\frac{м-экв}{100г}$	рН при проклейке	Степень проклейки	
				мм	сек
H	—	—	3,25	1,85	52,4
Ca	6,30	5,21	3,62	2,70	55,8
Cu	4,74	7,19	3,75	2,05	55,6
Mg	5,20	4,80	3,70	1,75	52,6
Al (из раствора $Al_2(SO_4)_3$)	2,30	2,56	3,63	2,30	49,5
Al (из раствора $AlCl_3$)	3,88	12,78	3,95	2,22	46,5
Fe	1,08	1,41	3,61	2,45	53,0

бумаге, изготовленной из целлюлозы в H-форме, повышается при насыщении целлюлозы катионами металлов. Повышение проклейки за счет адсорбции катионов особенно заметно на небеленой сульфитной целлюлозе.

Получаемый эффект от адсорбции катионов неодинаков и зависит от вида катиона. Так, небеленая сульфитная целлюлоза в Na-форме проклеивается хуже, чем в Ca-форме, хотя в условиях данного опыта адсорбция Ca^{2+} ниже, чем адсорбция Na^{1+} , и хуже Cu-формы целлюлозы, в которой адсорбция Cu^{2+} примерно равна адсорбции Na^{1+} . Беленая сульфитная целлюлоза в Al-форме, где присутствует только катион Al^{3+} , проклеивается легче, чем в Cu и Mg-форме, в которых адсорбция катионов значительно выше по сравнению с адсорбцией Al^{3+} .

Чтобы показать разную эффективность адсорбированных катионов при проклейке, в дальнейшем часть опытов проводили на монокарбоксилцеллюлозе, обладающей более высокой адсорбционной способностью. Монокарбоксилцеллюлозу получали окислением беленой сульфитной целлюлозы двуокисью азота [10]. Содержание карбоксильных групп определяли кальцийацетатным методом [10]. Результаты этих опытов даны в табл. 5. Проклейка была проведена при расходе клея 1,5%, глинозема — 2%.

Увеличение содержания карбоксильных групп в целлюлозе посредством окисления ее двуокисью азота вызывает ухудшение проклей-

Таблица 5

Форма целлюлозы	рН равновесного раствора при насыщении	Адсорбировано катионов металлов, $\frac{м-экв}{100г}$	рН при проклейке	Степень проклейки,	
				мм	сек
Беленой сульфитной 0,3% COOH групп:					
H	—	—	3,50	0,93	21,9
Na	5,62	2,12	3,71	1,57	25,4
Ca	6,26	4,20	4,08	2,30	27,5
Al	2,43	2,60	4,03	2,23	28,3
Монокарбоксилцеллюлозы 2,77% COOH групп:					
H	—	—	2,92	Нет	Нет
Na	5,63	19,60	5,55	Нет	Нет
Ca	6,18	63,54	4,79	0,8	28,7
Al	2,06	23,26	3,37	0,9	37,5

ки. В окисленной целлюлозе значительно возрастает адсорбция и более резко проявляется различие между катионами в их способности повышать степень проклейки бумаги. Наиболее эффективными в данном случае опять оказались катионы Al^{3+} . При значительно меньшей адсорбции Al^{3+} по сравнению с Ca^{2+} Al -форма целлюлозы имеет несколько большую степень проклейки по сравнению с Ca -формой; Na -форма целлюлозы оказалась вообще непроклеенной как и H -форма, что указывает на бесполезность этого катиона в составе золы при высокой адсорбции его на волокне. Причиной, тормозящей повышение проклейки за счет адсорбции Na^{1+} , вероятно, является повышенная гидратация данного катиона, что согласуется с результатами проведенного нами определения гигроскопичности этой формы целлюлозы.

В табл. 5 показано влияние адсорбции катионов металлов на проклейку беленой сульфитной целлюлозы и монокарбоксилцеллюлозы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Бабко, И. В. Пятницкий. Количественный анализ, М., Госхимиздат, 1956. [2]. И. И. Богоявленский. Технология бумаги. Ч. II, М., Госбумиздат, 1948. [3]. С. Н. Иванов. Технология бумаги. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. [4]. Д. Кейси. Производство полуфабрикатов и бумаги. Т. I, кн. 2, М., Гослесбумиздат, 1958. [5]. И. М. Кольтгоф, Е. Б. Сеидел. Количественный анализ. М., Госхимиздат, 1948. [6]. И. М. Кольтгоф, Р. Белчер, В. А. Стенгер, Дж. Матсуяма. Объемный анализ. Т. III, М., Госхимиздат, 1961. [7]. А. Л. Курицкий, Э. П. Мисюрова. ВНИИБ. Труды института, вып. 46, 161, М.—Л., Гослесбумиздат, 1961. [8]. Н. И. Никитин. Химия древесины и целлюлозы. Гл. VI, М.—Л., изд-во АН СССР, 1962. [9]. Сборник стандартов TAPPI. Т. 458, т. 48. [10]. Г. М. Скурихина, В. И. Юрьев. Журнал прикладной химии. Т. 31, 1958. [11]. Теория и практика проклейки бумаги. Сборник статей, Л., Гослестехиздат, 1935. [12]. В. И. Юрьев, С. С. Позин, Г. М. Скурихина. Материалы ЦНИИБ. Вып. 37, 83, М.—Л., Госбумиздат, 1948. [13]. E. B. Sandell, I. M. Kolthoff. Industrial and Engineering Chemistry. Analytical Edition, 11, 90, 1939. [14]. Brauns, Svensk Papperstidning, 52, № 23, 579, 586, 1949.

Поступила в редакцию
12 февраля 1964 г.

ПАРОФАЗНЫЙ ГИДРОЛИЗ МЕТОКСИФЕНОЛОВ

Сообщение 1

ГИДРОЛИЗ ГВАЯКОЛА НА СИЛИКАГЕЛЕ,
ПРОПИТАННОМ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ.

В. А. ШИШКИН

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Д. В. ТИЩЕНКО

Профессор

(Ленинградская лесотехническая академия)

Лесохимические фенолы мало содержат свободных фенолов, как одно-, так и многоатомных. До 60% их представлено неполными метиловыми эфирами пирокатехина, пирогаллола и их гомологами, что определяет сравнительно низкую реакционную способность суммарных фенолов [9], [8]. Реакционную способность можно повысить путем замены метоксильных групп на гидроксильные, отщеплением метильной или метоксильной группы от ароматического ядра и замещением ее атомом водорода. Отыскание эффективного способа деметилирования фенолов позволило бы значительно повысить их химическую активность.

Разложение эфиров фенолов с выделением свободного фенола проводят обычно галондоводородными кислотами при нагревании (в аналитической практике); для промышленных целей рекомендуют соляную кислоту различных концентраций [5], [14], [15], хлористый алюминий [12], солянокислый анилин [11], [14], растворы щелочей [7] и др. Почти все эти способы рассчитаны на автоклавный процесс в жидкой фазе, при длительном времени реакции (от 0,5 до 10 и даже более час) под давлением; в этом случае почти всегда есть опасность коррозии аппаратуры, безвозвратная потеря химикатов и пр.

В последнее время ряд исследователей предложил проводить деметилирование фенолов лишь под воздействием высоких температур [4], [9], [10]. Термическое деметилирование (пиролиз) дает удовлетворительные результаты по отщеплению метоксильных групп, но выход продуктов невелик, превращение фенолов идет не всегда в нужном направлении (образование газообразных продуктов, бензола, значительное разложение высших фенолов — пирокатехина и гомологов) [2], [9]. Представляется целесообразным осуществлять гидролиз эфирных связей, причем должны получиться свободный фенол и метиловый спирт; последний может быть легко отделен от фенолов обычными способами.

Д. В. Тищенко с сотрудниками в своей работе [6] показал, что под воздействием водной фосфорной кислоты 25—50%-ной концентрации при температуре 210—250°С в течение 1—2 час гидролиз метоксифенолов практически идет нацело. Кислота при этом не расходуется, осмоление: незначительное, выход продуктов гидролиза 75—90%. При омылении гваякола едким натром 10- и 20%-ной концентрации в автоклаве при 275°С в течение двух часов выход пирокатехина был равен 55—60% от теоретического с возвратом гваякола в 20—25% от исходного [7].

Можно полагать, что при повышении температуры скорость реакции возрастет (в соответствии с правилом Вант-Гоффа), следовательно, время реакции уменьшится. Если время сократить до нескольких секунд, то можно допустить возможность непрерывного гидролиза. Проведение реакции в паровой фазе более всего удовлетворяет требованиям гидролиза при повышенных температурах и непрерывности процесса. В литературе конкретных данных о гидролизе метоксифенолов непрерывным способом мы не нашли. С целью выяснения возможности и условий быстрого гидролиза мы провели опыты с гваяколом, в котором содержание метоксильных групп составляет 24,97%.

Для гидролиза была использована установка проточного типа (рис. 1), состоящая из кварцевой трубки 1 (диаметром 20 мм и длиной 1000 мм), обогреваемой в трубочатой вертикальной печи 2, перегревателя водяного пара 6, дозатора 5, приемника продуктов реакции 4 с обратным холодильником 3, паробразователя 7, пирометра 8.

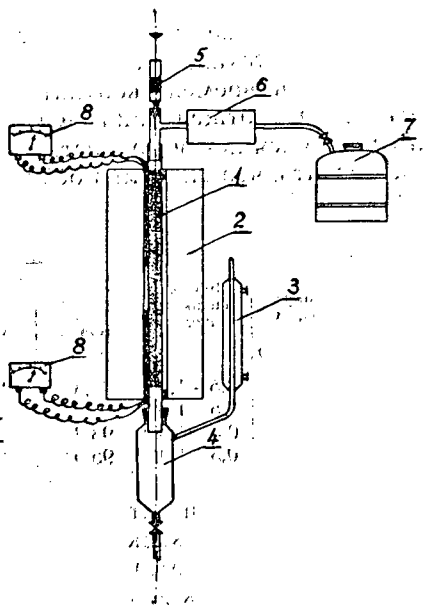


Рис. 1.

В качестве катализатора применяли техническую ортофосфорную кислоту (с удельным весом 1,53 г/см³), осажденную на силикагеле. Катализатор готовили следующим образом: силикагель марки КСМ-2,5 или КСК-2,5 (величина гранул около 2—3 мм) заливали ортофосфорной кислотой, выдерживали 2—3 час, затем кислоту отсасывали на воронке Бюхнера и пропитанный силикагель подсушивали при 105°С в течение 3—4 час. Кислотность катализатора определяли титрованием 0,1 н. раствором едкого натра водной вытяжки кислоты; полученной кипячением навески катализатора с водой.

Порядок проведения опытов следующий. В реакционную трубку загружали 100—110 мл катализатора, печь разогревали до нужной температуры (контроль осуществляли по показаниям двух термометров, помещенных в канал печи); затем в верхнюю часть реактора подавали перегретый водяной пар (260—280°), регулировали его подачу и туда же вводили по каплям гваякол в количестве 5—10 г. Начало и окончание подачи гваякола фиксировали по времени. Продукты гидролиза отбирали из приемника на 5—7 мин позднее окончания подачи гваякола для того, чтобы продукты реакции были как можно полнее отогнаны с водяным паром из реактора. Объемную скорость и время контакта рассчитывали по общепринятым методам 1, отношение вода — гваякол определяли по часовым количествам заданного в реактор гваякола и водного

конденсата, оставшегося после извлечения серным эфиром продуктов гидролиза гваякола (эфирорастворимых). Эфирорастворимые принимали за гидролизат гваякола и в них определяли содержание метоксильных групп по Фибоку—Шваппаху, по метоксильным группам рассчитывали возврат негидролизованного гваякола, пирокатехин определяли потенциометрическим титрованием [3]. Результаты проверки влияния температуры на отщепление метоксильных групп при пропускании гваякола через силикагель (без кислоты и водяного пара) даны в табл. 1.

Таблица 1

Температура, °С	Время контакта, сек	Выход пиролизата, %			
		общий	ОСН ₃	гваякол	пирокатехин
370	8—10	93	23,5	94,2	3,0
400	8—10	89	21,6	86,4	4,1
450	8—10	85	16,5	66,4	10,3
500	8—10	79	6,0	23,9	17,5

В этом случае, видимо, идет в основном образование фенола и частично пирокатехина (за счет малых количеств воды из силикагеля).

Снижение времени контакта до 0,5—1,0 сек и подача водяного пара почти не дали отщепления ОСН₃—групп, но в последнем случае гваякол сохранялся почти полностью (табл. 2). Из полученных данных можно заключить, что гидролиз без катализатора практически не идет.

Таблица 2

Температура, °С	Время контакта, сек	Выход гидролизата %				Отношение вода—гваякол
		общий	ОСН ₃	гваякол	пирокатехин	
370	0,5—1,0	96,3	23,9	95,7	1,8	2—3
400	0,5—1,0	95,7	24,0	96,0	1,9	2—3
450	0,5—1,0	93,3	25,9	100,0	2,5	2—3
500	0,5—1,0	95,0	22,9	91,8	6,3	2—3

При кислотности катализатора 1,8%, времени контакта 4—5 сек и отношении вода—гваякол, равном ~2, лучший выход пирокатехина (33% от теоретического) получается при температуре 500—550°С, но при 500°С еще велик возврат негидролизованного гваякола (до 50%), а при 550°С наряду с гидролизом уже протекает обычный пиролиз. Аналогичный результат получается и при кислотности 2,8%, но при времени контакта 2—3 сек; увеличение кислотности до 11,0% позволяет сократить время до 1—2 сек; при этом выход пирокатехина за одно пропускание достигает почти 50% от теоретического при температуре 450—500°С, а при 550°С — даже до 60%; повышение кислотности до 15 и 18% сдвигает реакцию гидролиза в сторону более низких температур (табл. 3).

Подтверждением того, что в этих условиях в основном протекает гидролиз гваякола и побочные реакции незначительны, является следующий баланс: затраченный гваякол = пирокатехин + возврат гваякола, который сводится хорошо (кроме температуры 550°С).

Коксообразование при гидролизе гваякола незначительное, активность катализатора восстанавливается прокалкой при 500—550°С с доступом воздуха, а снижение кислотности катализатора после 4—6 час работы составляло не более 5—10% от начальной.

Таблица 3

Кислотность катализатора	Температура, °С	Время контакта, сек	Выход гидролизата, %				Отношение вода—гваякол
			общий	ОСН ₃	гваякол	пирокатехин	
1,8	370	4—5	92,0	19,5	78,0	13,6	2,8
	400	5—6	91,0	19,1	76,6	23,1	2,1
	450	4—5	93,6	17,7	70,9	28,7	2,0
	500	5—6	87,3	14,1	57,7	34,7	2,0
	550	6—7	84,0	6,2	24,9	39,6	1,6
2,8	370	2—3	95,2	20,6	82,5	16,5	3,0
	400	2—3	93,4	19,0	76,0	21,6	2,5
	450	2—3	89,6	16,4	65,6	35,2	3,5
	500	2—3	89,0	13,0	51,9	35,6	3,4
	550	2—3	83,0	2,9	11,6	49,0	2,5
11,0	370	1—2	95,6	20,3	81,1	19,1	5,0
	400	1—2	101,0	17,3	69,3	35,1	4,0
	450	1—2	98,5	12,8	51,3	48,9	4,0
	500	1—2	96,5	15,0	60,0	42,4	4,0
	550	1—2	88,5	5,8	23,1	54,1	4,0
15,0	370	1,0—1,5	—	—	—	—	—
	400	1,0—1,5	98,7	21,5	85,9	14,6	3,0
	450	1,0—1,5	98,0	17,6	70,4	27,4	3,0
	500	1,0—1,5	99,0	18,0	72,1	28,0	3,0
	550	1,0—1,5	95,0	16,0	64,0	30,7	3,0
18,0	370	—	—	—	—	—	—
	400	1,8—2,0	97,0	16,5	65,8	34,7	3,0
	450	1,8—2,0	96,0	13,7	54,9	39,6	3,0
	500	1,8—2,0	93,0	7,9	31,5	62,4	3,0
	550	1,8—2,0	89,0	4,4	17,6	69,5	3,0

Таким образом, на примере гваякола показана возможность гидролиза метоксифенолов непрерывным способом в паровой фазе в присутствии ортофосфорной кислоты как катализатора. Лучшие условия гидролиза: температура 450—500° С, кислотность катализатора не менее 10%, отношение вода—гваякол 2—3, время контакта 1—2 сек. Выход пирокатехина за одно пропускание составляет до 60—65% от возможного. Побочные реакции превращения гваякола незначительны.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. А. Болотов и др. Практические работы по органическому катализу. Изд. ЛГУ, 1959 [2]. Р. Д. Оболенцев. ЖОХ. Т. XVI, 9, 1946. [3]. Г. Ф. Прокшин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1964. [4]. И. В. Смоланка, Г. С. Чекрий. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 1960. [5]. В. П. Сумароков, В. Д. Угрюмов, ЖПХ, т. IX, 12, 2222, 1936. [6]. Д. В. Тищенко, Т. Данилова, С. Шейна. Техническая информация ЛТА № 7, 1954. [7]. Д. В. Тищенко, В. Н. Фолиадов, Н. И. Носова. ЖПХ № 9, 1956. [8]. Д. В. Тищенко, Н. И. Носова. Сборник трудов ЦНИЛХИ. Вып. 12, стр. 64—85, 1957. [9]. И. П. Уваров, Л. В. Гордон. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 1, 1961. [10]. И. П. Уваров, Э. С. Безмозгин. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 8, 1961. [11]. Е. А. Цофин, К. А. Чхиквадзе. Журн. «Химико-фармацевтическая промышленность» № 10, 1932 [12]. Hartmann, Gatterman—Berichte D. Chem. Ges., 25, 3531, 1892. [13]. Klemens, Berichte D. Chem. Ges., 49, 1371, 1916. [14]. Holzverkohlung—Industrie Act. Ges. in Konstanz. Германский патент 493198, 1927/1930. [15]. Suida H., Wacek A. Германский патент 447659, 1927.

СУЛЬФАТНАЯ ВАРКА С ДОБАВКОЙ БОРОГИДРИДА НАТРИЯ

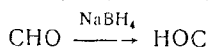
Ю. А. ГУГНИН

И. о. старшего научного сотрудника

(ВНИИ Бумаги)

Сульфатные варки древесины происходят обычно при температурах порядка 170—180° С. При таких температурах гемицеллюлозы и целлюлоза подвергаются сильному воздействию горячей щелочи. Под действием щелочи гемицеллюлозы сперва частично гидролизуются, а образующиеся сахара претерпевают при высоких температурах дальнейшие превращения [1]. Целлюлоза также разрушается, причем этот процесс идет в две ступени. Вначале происходит разрыв молекул целлюлозы по глюкозидной связи на несколько частей вследствие щелочного гидролиза. Затем во второй ступени под действием щелочи от укороченных молекул целлюлозы отделяются глюкозные единицы, дающие путем внутренней перегруппировки смесь органических кислот [3]. Значительное разрушающее действие на гемицеллюлозы и особенно целлюлозу при сульфатной варке оказывает атмосферный кислород, всегда присутствующий в варочном котле [1].

В результате щелочного гидролиза и окислительной деструкции некоторая часть углеводов содержит на концах цепей карбонильные группы. Последние, как известно, легко восстанавливаются в водной и еще лучше в щелочной среде борогидридами различных металлов и, в частности, борогидридом натрия (NaBH_4) [2].



В результате реакции восстановления карбонильные группы гемицеллюлоз и целлюлозы переходят в первичные спиртовые группы, которые придают этим соединениям устойчивость по отношению к горячей щелочи. Одновременно борогидрид натрия, вероятно, вступает в реакцию с окислителями и тем самым снижает в какой-то степени окислительную деструкцию углеводов при сульфатной варке. Так в общих чертах можно представить механизм действия борогидрида натрия при щелочной варке.

В одной из работ [4] затронуты некоторые вопросы действия борогидрида натрия при сульфатной варке: изучали влияние количества борогидрида натрия, добавляемого в варочный щелок, на выход целлюлозы, а также действие борогидрида натрия на гемицеллюлозы во время варки. Однако имеющихся сведений в литературе оказывается недостаточно для того, чтобы составить более полное представление о меха-

низме действия борогидрида натрия при сульфатном варочном процессе. Между тем знание его необходимо как с теоретической, так и с практической точек зрения. Можно ожидать, что в дальнейшем с уменьшением стоимости борогидрида натрия этот восстановитель найдет самое широкое применение для увеличения выхода целлюлозы при различных способах варки.

В связи с этим нам представляется необходимым остановиться на изучении ряда вопросов, которые в литературе не освещены, но имеют непосредственное отношение к механизму действия борогидрида натрия при сульфатной варке: 1) влияние температуры и времени варки на восстановительный процесс; 2) стабильность и восстановительная способность борогидрида натрия; 3) участие борогидрида натрия в процессе растворения лигнина при сульфатной варке и влияние его на белизну получаемой целлюлозы. Для изучения этих вопросов было выполнено несколько серий сульфатных варок.

Первая серия. Изучали: влияние температуры на восстановительный процесс; действие различных количеств борогидрида натрия на выход целлюлозы для того, чтобы определить то минимальное количество восстановителя, которое оказывает воздействие на повышение выхода целлюлозы, и затем в дальнейших опытах использовать это найденное количество борогидрида натрия.

Для варок использовали воздушно сухую сосновую щепу. Расход активной щелочи в единицах NaOH — 22,5% от веса абс. сухой древесины, сульфидности щелока — 25%, жидкостный модуль — 4. Варки проводили по следующим режимам: подъем от 100 до 170° С — 1,5 часа, время варки — 1 час; подъем от 100 до 180° С — 1,5 часа, время варки — 1 час. Количество борогидрида натрия, добавляемого на варку, составило 0,5; 1,0; 2,5% от веса абс. сухой древесины.

Результаты варок представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ варок	Температура варок, °С	Добавлено борогидрида натрия, %	Выход после варки, %			Содержание лигнина в целлюлозе, %
			общий	целлюлозы	непровара	
1	170	—	49,12	48,42	0,70	7,0
2	170	0,5	51,56	51,56	—	7,3
3	170	1,0	52,43	52,43	—	7,7
4	170	2,5	54,40	54,40	—	8,4
5	180	—	45,99	45,96	0,03	5,0
6	180	0,5	47,59	47,59	—	4,5
7	180	1,0	48,70	48,70	—	4,9
8	180	2,5	49,45	49,45	—	4,5

Как видно из табл. 1, добавка уже 0,5% борогидрида натрия повышает выход целлюлозы. С увеличением добавляемого количества NaBH_4 выход ее и содержание лигнина возрастают. Из таблицы также видно, что разница между выходами целлюлоз, полученных при 180° С с добавкой и без добавки борогидрида натрия, меньше, чем при 170° С. Это объясняется, вероятно, тем, что при более высокой температуре деструктирующее воздействие щелочи возрастает.

При рассмотрении данных, приведенных в табл. 1, обращают на себя внимание две особенности, присущие, по-видимому, только варкам с добавкой борогидрида натрия. Первая — отсутствие непровара в целлюлозе, полученной с борогидридом натрия. Видимо, в связи с тем, что последний стабилизирует целлюлозу и гемицеллюлозы. Вследствие

этого уменьшается потребление щелочи на нейтрализацию продуктов растворения древесины и тем самым увеличивается общее содержание активной щелочи, расходуемой непосредственно на растворение лигнина. Благодаря этому происходит более быстрое и равномерное удаление лигнина. Вторая особенность — некоторое увеличение содержания лигнина в целлюлозе. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что какая-то часть карбонильных групп лигнина восстанавливается борогидридом натрия. В результате этой реакции способность лигнина к растворению несколько снижается. Интересно отметить, что эта особенность наблюдается и тогда, когда древесина нагревается от начальной температуры до температуры варки (табл. 3). Во всех опытах с добавкой восстановителя в раствор перешло меньше лигнина, чем без него; при этом уменьшение растворимости лигнина находится в обратной зависимости от количества добавляемого восстановителя.

Вторая серия варок. Изучали влияние продолжительности варки на выход целлюлозы и непровара в зависимости от добавки борогидрида натрия. Варки были проведены по следующему режиму: подъем от 100 до 170° С — 1,5 часа, время варки — 30, 45, 60, 90 мин, количество борогидрида натрия — 0,5%. Остальные условия те же, что и для первой серии.

Результаты варок представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ варок	Продолжительность варки, мин	Добавлено борогидрида натрия, %	Выход после варки, %			Содержание лигнина в целлюлозе, %
			общий	целлюлозы	непровара	
1	30	—	54,63	16,80	37,83	—
2	45	—	51,17	46,02	5,15	8,8
3	60	—	49,12	48,42	6,70	7,0
4	90	—	47,65	46,89	0,76	5,7
5	30	0,5	56,64	44,78	11,86	12,1
6	45	0,5	51,63	51,63	—	9,0
7	60	0,5	51,12	51,12	—	7,3
8	90	0,5	49,72	49,72	—	5,4

Из таблицы видно, что с увеличением продолжительности варки с добавкой борогидрида натрия и без нее выход отсортированной целлюлозы в обоих случаях увеличивается, но максимум достигается через различные промежутки времени: в первом случае — через 45 мин, а при обычной варке — через 60 мин. Это позволяет заключить, что при добавке борогидрида натрия варочный процесс происходит быстрее на 15 мин.

Таким образом, добавка борогидрида натрия в сульфатный варочный щелок не только повышает выход целлюлозы (минимум на 3%), но и ускоряет варочный процесс за счет более лучшего проникновения щелока в глубь древесной ткани. С увеличением количества борогидрида натрия выход целлюлозы возрастает, при этом образование непровара не наблюдается.

Третья серия варок. Была поставлена задача установить, как влияют: а) температура варки на стабильность борогидрида натрия; б) количество борогидрида натрия на его стабильность при высокой температуре.

В ряде работ [2], [4] было показано, что борогидрид натрия мало стабилен при высоких температурах, что он стабилен только в начальной стадии варки. Однако экспериментальных данных по этому вопро-

су не было. Мы изучали стабильность NaBH_4 при подъеме температуры от начальной до температуры варки. Варки проводили следующим образом. Во время подъема температуры нагрев через определенные промежутки времени прекращали, что достигалось быстрым действием струи холодной воды. После удаления щелочи из древесного остатка пятикратным кипячением (по часу) со свежими порциями дистиллированной воды и после сушки определяли выход и содержание лигнина. Количество борогидрида натрия, добавляемого на варку, составляло 0,5 и 2,5%. Остальные условия такие же, как и в первой серии.

Устойчивость борогидрида натрия к действию щелочи во время подъема температуры оценивали по его восстановительной способности по отношению к карбонильным группам в древесине. Эта оценка в некоторой степени условна, поскольку борогидрид натрия реагирует не только с углеводами, но и с окислителями, присутствующими в варочном щелоке. Однако пока не установлено, в какой степени происходит эта реакция при щелочной варке и поэтому в дальнейшем при оценке действия борогидрида натрия на варочный процесс мы будем принимать во внимание наличие такой реакции, не отделяя ее от реакции восстановления карбонильных групп углеводов.

Практически стабильность борогидрида натрия определяли следующим образом. Если выход твердого древесного остатка был больше (за счет восстановления карбонильных групп и, возможно, уменьшения окислительной деструкции), чем в отсутствие борогидрида натрия, то, следовательно, восстановитель присутствовал в варочном растворе. Напротив, если выход не изменился, то в растворе отсутствовал борогидрид натрия вследствие полного его разложения.

Результаты варок представлены в табл. 3.

Таблица 3

№ варок	Добавлено борогидрида натрия, %	Начальная температура нагрева, °С	Конечная температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева, мин	Продолжительность варки при 170°С, мин	Выход твердого остатка после нагрева, %	Выход после варки, %			Содержание лигнина, %		Растворение лигнина от исходного, %
							общий	целлюлозы	непривара	в твердом остатке	в целлюлозе	
1	—	100	110	12	—	91,63	—	—	—	28,0	—	5,0
2	—	100	135	45	—	78,76	—	—	—	28,7	—	18,5
3	—	100	150	65	—	73,60	—	—	—	28,5	—	22,6
4	—	100	170	90	—	64,20	—	—	—	21,3	—	49,6
5	—	100	170	90	60	—	49,90	48,60	1,30	—	7,9	86,8
6	0,5	100	110	12	—	91,83	—	—	—	28,0	—	5,0
7	0,5	100	135	45	—	82,10	—	—	—	27,7	—	15,7
8	0,5	100	170	90	—	68,10	—	—	—	20,91	—	47,4
9	0,5	100	170	90	60	—	52,74	52,74	0,01	—	8,3	83,9
10	2,5	100	110	12	—	91,30	—	—	—	29,1	—	1,6
11	2,5	100	135	45	—	82,16	—	—	—	29,3	—	10,0
12	2,5	100	150	65	—	78,13	—	—	—	25,6	—	25,3
13	2,5	100	170	90	—	72,73	—	—	—	21,2	—	23,0
14	2,5	100	170	90	60	—	55,54	55,54	—	—	8,5	82,6

Из данных табл. 3 видно, что борогидрид натрия вступает в реакцию с древесиной, начиная со 110°С. Действительно, если до 110°С выходы твердого остатка после нагрева совпадают, то при достижении 135°С они составляют разные значения. Разница достигает при этой температуре 3,34%. В дальнейшем при подъеме температуры от 135 до 170°С эта разница еще увеличивается, но не намного, и при 170°С составляет 3,90%. Это говорит о том, что к 135°С борогидрид натрия большей частью уже прореагировал с древесиной и, возможно, с оки-

слителями. Последнее подтверждается данными, полученными при добавлении в варочный раствор большего количества борогидрида натрия (2,5 вместо 0,5%). Оказалось, что при 135°С выход твердого остатка не увеличился, а при 150°С увеличение достигло 4,53%. Такое неравномерное повышение можно объяснить следующим образом. При 135°С борогидрид натрия полностью прореагировал с карбонильными группами (которые к этому времени появились в древесине при гидролизе и окислении гемицеллюлоз), а также с какой-то частью кислорода. В варочном растворе после реакции восстановления борогидрид натрия или совсем отсутствует, или же присутствует в небольшом количестве. С повышением температуры в древесине появляются новые карбонильные группы, которые вступают в реакцию с борогидридом натрия. Но для того чтобы вновь образовавшиеся карбонильные группы и оставшийся кислород прореагировали, необходимо, чтобы количество борогидрида натрия было больше, чем 0,5% к весу древесины. Это происходит при добавке в варочный раствор 2,5% борогидрида натрия. Можно предположить, что с образованием новых карбонильных групп (с ростом температуры) для их восстановления потребуется еще большее количество борогидрида натрия.

Интересно отметить, что при отсутствии древесины борогидрид натрия (количество восстановителя — 1,12 г/л, что примерно соответствует 0,5% от веса древесины) при нагреве сульфатного варочного щелока полностью разлагается при достижении 135°С. Наши данные и полученные Хартлером [5] (опубликованные совсем недавно) хорошо согласуются, если в варочный раствор добавить 0,5% борогидрида натрия. К сожалению, влияние количества борогидрида натрия на его стабильность при нагреве одного варочного раствора Хартлер не изучал. Отсутствие таких данных не позволяет сделать окончательный вывод, влияет ли древесина на стабильность борогидрида натрия при подъеме температуры.

В одной из работ [4] Хартлер отмечал, что сульфатная целлюлоза, полученная при варке с добавкой борогидрида натрия, светлее, чем обычная сульфатная целлюлоза. Мы также наблюдали эту особенность. Было обнаружено, что цвет щелока, содержащего восстановитель, значительно светлее, чем обычного сульфатного щелока. Эта разница в цвете особенно хорошо наблюдалась в интервале температур 110—150°С, в интервале 150—170°С — меньше.

Более светлая целлюлоза и соответственно отработанный щелок, по нашему мнению, есть следствие участия борогидрида натрия в реакции с теми группами лигнина, которые ответственны за его окрашивание, поскольку известно, что из-за лигнина сульфатная целлюлоза имеет темный цвет.

Для выяснения участия борогидрида натрия в реакциях лигнина при сульфатной варке была выполнена четвертая серия варок. Для того чтобы исключить действие других восстановителей на лигнин, варки решено было проводить только с раствором чистого NaOH. Кроме этого, в целях максимального использования борогидрида натрия для реакции с лигнином были выбраны такие условия предварительной обработки древесины, при которой большая часть гемицеллюлоз должна перейти в раствор и твердый остаток, должен в связи с этим содержать мало карбонильных групп, способных восстанавливаться.

Четвертая серия варок. Предварительная обработка древесины состояла в следующем. Щепу с натронным щелоком (количество активной щелочи — 25% от веса абс. сухой древесины) нагревали от 100

до 170°С в течение 1,5 час. После нагрева древесный остаток промыли дистиллированной водой в течение четырех суток. Затем проводили собственно варку, которая заключалась в нагреве древесного остатка с натронным щелоком (доза — 25%) от 100 до 170°С в течение 1,5 час, но уже с добавкой борогидрида натрия — 0,5% от веса абс. сухой древесины.

Результаты варок представлены в табл. 4.

Таблица 4

№ варок	Добавлено борогидрида натрия, %	Начальная температура нагрева, °С	Конечная температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева, мин	Выход твердого остатка, %	Растворенные древесины, %	Содержание лигнина в твердом остатке, %	Растворенные лигнины при первом нагреве от исходного в древесине, %	Растворенные лигнины при повторном нагреве, %
1*	—	100	170	90	68,15	31,85	26,8	32,4	—
2	—	100	130	30	67,20	32,80	26,0	35,6	3,2
3	—	100	130	60	67,96	32,04	26,1	34,6	2,2
4	—	100	170	90	59,76	40,24	23,8	47,3	14,9
5	0,5	100	130	30	67,23	32,77	26,0	35,2	2,8
6	0,5	100	130	60	66,80	33,20	26,5	34,5	2,1
7	0,5	100	170	90	59,15	40,85	21,5	52,9	20,5

* Результаты после первого нагрева.

Из табл. 4 видно, что при добавке борогидрида натрия выход твердого остатка к концу варки (170°С) не увеличился, а, напротив, несколько уменьшился. То же самое произошло и с содержанием лигнина в твердом остатке (варки № 4, 7). Эти данные позволяют сделать вывод, что борогидрид натрия не прореагировал с карбонильными группами древесного остатка вследствие их отсутствия. Характерно, что и при нагреве до 130°С в различные промежутки времени также не наблюдается повышение выхода, следовательно, борогидрид натрия должен или вступать в реакцию с лигнином (произойдет изменение цвета древесного остатка) или же разложиться (цвет древесного остатка останется темным) при подъеме температуры.

При нагреве древесного остатка обнаружилось интересное явление. В период подъема от 100 до 130°С он приобретал белый цвет, но к концу нагрева, то есть к 170°С, древесный остаток имел снова темный цвет, аналогичный цвету остатка, нагреваемого без борогидрида натрия. Это позволяет сделать заключение, что борогидрид натрия вступает в реакции с теми группами, которые в лигнине отвечают за окрашивание, и восстанавливает их, что приводит к изменению цвета древесного остатка. Но затем по мере повышения температуры происходят какие-то реакции, которые вновь придают лигнину и, следовательно, древесному остатку, его первоначальную окраску. Интересно отметить, что восстановление окраски происходит не только при высокой температуре, но и при 20°С. Светлый древесный остаток, находясь в воде, через двое суток снова стал темным.

Из табл. 4 следует, что при добавке борогидрида натрия в раствор переходит больше лигнина, чем без добавки (варки № 4, 7). Это позволяет нам предположить, что в небольших количествах борогидрид натрия принимает участие в растворении лигнина как восстановитель.

Таким образом, в зависимости от условий применения борогидрид натрия может участвовать в следующих реакциях: с группами лигнина, ответственными за его окрашивание; с кислородом воздуха; восстановление карбонильных групп древесины; растворение лигнина.

При сульфатной варке преобладающие реакции — восстановление карбонильных групп древесного остатка и, возможно, реакция с кислородом. Одновременно происходит реакция восстановления групп лигнина, которые вызывают изменение его цвета и снижение способности лигнина к растворению.

Следует отметить, что в наших опытах изменение цвета целлюлозы при сульфатной варке (с NaBH_4) происходит в меньшей степени, чем при натронной, поскольку цвет сульфатной целлюлозы остается более светлым к концу варки, чем у обычной целлюлозы. Возможно, здесь на стабильность цвета оказывают действие компоненты сульфатного варочного щелока, которые отсутствуют в натронном щелоке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Д. Антоновский. Химизм щелочной (сульфатной) варки целлюлозы. Глава в книге Н. И. Никитина «Химия древесины и целлюлозы», М.—Л., 666, 1962. [2]. Н. Гейлорд. Восстановление комплексными гидридами металлов. Изд-во иностранной литературы, М., 1959. [3]. Н. И. Никитин. Химия древесины и целлюлозы М.—Л., 664, 1962. [4]. N. Hartler. Svensk Papperst., 62, 13, 1959, s. 467—470. [5]. N. Hartler. Svensk Papperst., 65, 13, 1962, s. 513—516.

Поступила в редакцию
23 ноября 1963 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ВОЗРАСТНОЕ СТРОЕНИЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

И. Н. ЛИГАЧЕВ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Северокавказская ЛОС)

Сосновые леса Забайкалья отличаются рядом характерных особенностей, одной из которых является сложное возрастное строение насаждений. Знание этого вопроса очень важно при эксплуатации и восстановлении лесов. Этот вопрос имеет также большое теоретическое значение, так как отражает процесс формирования насаждений и характер возрастных смен в них.

Возрастное строение сосняков мы изучали в 1953—1955 гг. на территории Заиграевского, Хоринского, Кижингинского и других районов Бурятской АССР. Для этой цели использовали свежие вырубki, на которых закладывали пробные площади размером от 0,5 до 1,0 га. У всех имеющихся на пробе пней определяли число годичных слоев, по которым устанавливали возраст деревьев. Пробы заложены в насаждениях различных возрастов от 80 до 380 лет. Установлено, что подавляющее большинство насаждений состоит из деревьев различного возраста с большими колебаниями между крайними значениями.

Возрастное строение соснового древостоя в Заиграевском и Хоринском лесхозах показано в табл. 1

Таблица 1

Возраст, лет	Число деревьев на 1 га			
	в Заиграевском лесхозе		в Хоринском лесхозе	
	шт.	%	шт.	%
101—120	6	1,5	—	—
121—140	30	7,6	—	—
141—160	24	6,1	—	—
161—180	72	18,3	—	—
181—200	108	27,6	12	4
201—220	54	13,7	27	9
221—240	36	9,2	18	6
241—260	42	10,7	42	14
261—280	21	5,3	84	28
281—300	—	—	36	12
301—320	—	—	24	8
321—340	—	—	30	10
341—360	—	—	21	7
361—380	—	—	6	2
Итого	393	100	300	100

Приведенные в таблице данные получены на территории разных районов, но, несмотря на территориальную разобщенность насаждений, а также на различие их общего возраста, бросается в глаза поразительное сходство их возрастной структуры. В обоих случаях разница между наименьшим и наибольшим классами возраста достигает 180—200 лет. Это означает, что в состав одного и того же древостоя входят деревья 9—10 классов.

На основании анализа большого количества материала мы пришли к выводу, что в условиях Забайкалья для естественных насаждений сосны характерно разновозрастное строение с большой разницей в возрастах между самыми молодыми и наиболее старыми экземплярами. Одновозрастные насаждения — редкое исключение.

Формирование таких насаждений обусловлено рядом причин. Суровый и континентальный климат Забайкалья, маломощные и нередко холодные почвы, короткий вегетационный период, засушливая с заморозками весна, а также наличие частых пожаров — вот совокупность тех факторов, которые не только замедляют рост деревьев, но и резко затрудняют возобновление леса в этом районе. Средний годичный прирост сосновых лесов достигает здесь не более 1 м³ на 1 га, а подрост сосны под пологом взрослых насаждений во многих случаях отсутствует или представлен единичными экземплярами.

В таких условиях возобновление леса крайне затруднено. Нередко имеющийся подрост уничтожают периодически повторяющиеся лесные пожары. Сохраняются лишь редкие экземпляры или группы подроста, являющиеся основным источником пополнения древостоя. Возрастные смены сосновых лесов происходят здесь не скачкообразно (как после сплошной рубки), а постепенно. Этот процесс длится на протяжении всей жизни насаждения. Вот почему такие насаждения разновозрастны.

Из этого следует важный практический вывод о том, что в неблагоприятных для восстановления сосны условиях (Забайкалье) сплошные и тем более концентрированные рубки сосняков производить нецелесообразно, ибо этим создаются еще более трудные условия для возобновления. Об этом свидетельствуют многочисленные пустоши, возникшие на месте концентрированных вырубок, и склоны, совершенно лишенные растительности. Поэтому сохранение имеющегося подроста во время рубки сосняков — важная и необходимая мера восстановления лесов.

Поступила в редакцию
23 октября 1963 г.

О ВЛИЯНИИ АБСОЛЮТНОЙ ВЫСОТЫ МЕСТНОСТИ И МЕСТА ВЗЯТИЯ ОБРАЗЦА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ ТЯНЬШАНЬСКОЙ

А. В. ТЕХНЕРЯДНОВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
(Казахский сельскохозяйственный институт)

А. Д. ШЕВЧЕНКО

Аспирант

Ю. Э. ВИЛЬЦИНГ

Инженер

(Институт химии АН Казахской ССР)

Влияние абсолютной высоты местности на изменение химического состава древесных пород еще никем не было изучено. А между тем такие исследования могут представить интерес не только теоретический, но и практический.

В настоящем сообщении изложены результаты определения химического состава древесины ели тяньшаньской, растущей на различных высотных поясах гор Қушгей Ала-Тау.

Было взято шесть модельных деревьев на трех пробных площадях, заложенных в ельнике моховом. Характеристика этих деревьев приведена в табл. 1. Пробные площади располагались на склонах северо-западных и северных экспозиций с крутизной склона 20—36°. Полнота насаждений 0,5—0,8. Насаждения отнесены ко второму (III пробная площадь), третьему (II пробная площадь), и четвертому (I пробная площадь) классам бонитета.

Образцы для химического анализа были взяты в трех местах по высоте ствола.

Характеристика этих деревьев приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ пробной площади	Высота над уровнем моря, м	№ модельного дерева	Возраст, лет	Диаметр на высоте груди, см	Высота, м	Расстояние до первого мертвого сучка, м	Расстояние до первого живого сучка, м	Диаметр на 1/2 высоты, см	Коэффициент формы	Общий объем ствола, м ³
I	2650	1	126	56,7	24,4	0,2	0,6	26,0	0,46	1,7888
		2	105	36,8	23,3	0,2	1,3	19,0	0,52	0,8603
II	2350	1	119	29,8	24,4	0,8	2,3	20,0	0,62	0,7340
		2	126	32,4	28,2	0,5	4,8	22,2	0,64	1,0869
III	1920	1	108	29,6	22,9	0,6	2,4	15,9	0,53	0,6236
		2	114	46	24,6	1,9	3,2	31,6	0,43	1,770

Предварительно высушенную до комнатно-сухого состояния древесину резали в соломку. На мельнице, снабженной двумя стальными зубчатыми дисками, соломку измельчали в опилки, последние пропускали через сита; для анализов отбирали опилки, которые проходили через сито в 1 мм и оставались на сите с отверстием 0,5 мм. Приготовленные образцы хранили в банках с притертыми пробками.

В опилках определяли: 1) золу — общепринятым методом сжигания навески исходной древесины в муфельной печи; 2) вещества, экстрагируемые серным эфиром в аппарате Сокслета; 3) вещества, экстрагируемые горячей водой (по стандартному методу); 4) пентозаны — по методу Толленса; 5) целлюлозу — по методу Кросса и Бивена в видоизменении Зибера и Вальтера; лигнина — по методу Класона.

Таблица 2

Местоположение образца в стволе дерева	№ пробной площадки	Количество, % на абс. сухую древесину					зола
		целлюлозы	лигнина	пентозанов	водной вытяжки	спиртовой вытяжки	
1,3 м	I	46,6	29,1	9,8	0,88	1,69	0,38
	II	46,8	29,0	9,9	0,96	1,69	0,36
"	III	46,7	29,05	9,4	1,01	1,69	0,35
1/2 Н	I	46,5	28,7	8,9	0,89	1,72	0,36
	II	47,0	28,2	9,1	0,95	1,73	0,34
"	III	46,9	28,7	9,3	0,93	1,66	0,35
4,5 Н	I	46,7	28,6	9,6	0,85	1,67	0,35
	II	46,5	28,0	9,3	0,88	1,68	0,33
"	III	46,5	28,6	10,1	0,95	1,67	0,32

Число повторностей в каждом опыте было не менее двух. Всего было проведено 144 опыта. В табл. 2 дан химический состав древесины тяньшаньской ели в сравнении с елью европейской.

Выводы

1. Химический состав древесины ели тяньшаньской, произрастающей на высоте 1920—2650 м над уровнем моря, сходен с химическим составом других видов ели, например, европейской.

2. Увеличение высоты над уровнем моря почти не сказывается на изменении химического состава древесины, что дает право с успехом использовать древесину этой породы в качестве химического сырья независимо от расположения лесов в горах.

3. В пределах дерева (в стволе) химический состав древесины также мало изменяется, что позволяет признать верхушечную часть ствола, идущую обычно в отходы, вполне качественным сырьем для химического производства.

Поступила в редакцию
5 февраля 1964 г.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

НОВЫЙ ТРУД ПО ЛЕСНОЙ ЭКОНОМИКЕ

В 1963 г. издательство Академии наук СССР выпустило книгу проф. П. В. Васильева «Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов». Этот труд содержит 12 глав, в которых изложены вопросы структурных изменений в потреблении древесины, изменения в размещении лесной промышленности и географии лесных ресурсов, учет и оценка товарности запасов древесины в лесах, роль защитного и культурного значения лесов, система их учета, вопросы стоимостной оценки, издержки лесохозяйственного производства, корневая плата, пути повышения продуктивности лесов и метод проектирования этого повышения, экономическая эффективность мероприятий по повышению продуктивности лесов и улучшению их использования. Из этого перечня видно, что вопросы воспроизводства и использования рассмотрены в их взаимодействии. Именно этим и ценен новый труд по лесной экономике. Только зная тенденции развития использования древесины, можно уверенно, учитывая природные условия воспроизводства, намечать план развития выращивания лесов.

В книге использована литература и приведены данные различных стран с развитой лесной промышленностью.

С выходом в свет этой книги ни один лесозащитник, ни один аспирант, работающий по вопросам использования древесины и лесовыращивания, не смогут обходиться без знакомства, по крайней мере, с отдельными главами книги. В труде рассмотрены и некоторые теоретические вопросы экономической функции и уровня лесных такс.

В журнальной рецензии нет возможности остановиться на всех вопросах весьма интересного труда проф. П. В. Васильева. Мы затронем два из них: потребление древесины и вопрос экономической эффективности.

До сих пор лесная экономика мало занималась вопросами использования древесины (края, области, района, лесхоза), а это необходимо, чтобы понять дальнейшее направление развития лесохозяйственного производства. Автор книги широко освещает вопросы использования древесины, касаясь структурных изменений, размещения, учета и оценки товарности. В книге дано распределение продукции лесозаготовок и лесовильно-древевообрабатывающей про-

мышленности по отраслям народного хозяйства. Это очень важно и необходимо для каждого лесозащитника района; это дает направление развития лесохозяйственного производства; без этого нельзя проектировать мероприятия на тот или иной отрезок времени.

П. В. Васильев приводит коэффициенты переработки древесины в промышленно развитых районах СССР и в некоторых зарубежных странах. Эти коэффициенты очень показательны, и их надо вычислять для всех районов и областей.

Автор останавливается также на перспективах роста промышленного значения лесов, приводя данные по таким продуктам, как пиломатериалы, фанера, бумага, картон.

В книге приведены также данные производства основных продуктов из лесного сырья в расчете на 100 га лесной площади и 100 м³ заготовленной древесины.

Недостатком работы является отсутствие данных по развитию лесохимических производств, если не считать бумаги, картона и древесно-волоконистых плит.

Экономическая эффективность дана в двух аспектах: 1) повышение продуктивности лесов и 2) сокращение времени производства. Оба аспекта очень важны для экономических расчетов, и мы приветствуем их разбор. Автор приводит формулы для вычисления эффективности, известные ранее, и добавляет коэффициент исчисления эффективности по годовой продукции в оптовых ценах (предприятия), по себестоимости и общей сумме капиталовложений. Вряд ли этот третий коэффициент найдет применение в лесхозах.

Молодая советская лесозащитная наука находится еще в стадии становления, и мнение каждого автора, работающего в этой области, представляет известный интерес. Мы считаем, что труд П. В. Васильева является ценным вкладом в лесозащитную науку, которая за последнее время обогатилась весьма ценными работами; в их числе книга П. В. Васильева занимает одно из первых мест.

В. И. Переход

Академик АН БССР.

О КНИГЕ П. В. ВАСИЛЬЕВА «ЭКОНОМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ»

Издательство Академии наук СССР выпустило книгу доктора экономических наук П. В. Васильева «Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов» (Москва, 1963).

Автор ее — крупный ученый лесозащитник, один из активных участников формирования и развития советской лесозащитной науки, П. В. Васильеву принадлежит большое количество крупных и оригинальных произведений по экономике и организации лесной промышленности и лесного хозяйства. Новый труд П. В. Васильева является обобщением многолетней его творческой работы.

В книге подробно рассмотрены вопросы структурных изменений в потреблении древесины и перспективы роста промышленного, а также защитного (особенно водоохранного) и культурного значения лесов, изменения в размещении лесной промышленности и географии лесных ресурсов СССР. В шести главах (IV—X) всесторонне освещены вопросы учета лесных ресурсов, учета и оценки товарности запасов леса, а также вопросы учета издержек лесохозяйственного производства, корневой платы и учетных цен на лес.

Содержание последних трех глав (X—XII) — это резервы и пути повышения продуктивности лесов, методы анализа и проектирования роста продуктивности лесов, вопросы экономической эффективности повышения продуктивности лесов и улучшения их использования.

В книге П. В. Васильева любой советский человек, практик лесного хозяйства и ученый, инженер лесной промышленности и работники многих отраслей промышленности и сельского хозяйства найдут богатый фактический материал и полезные советы.

Большим достоинством новой книги автора является широкий анализ вопросов использования и воспроизводства лесных ресурсов в их единстве с пози-

ций экономической эффективности. Такой подход позволил П. В. Васильеву сделать свою работу особо актуальной, имеющей теоретическое и большое практическое значение, а также потребовал от автора критической оценки многих взглядов и приемов в области лесопользования.

Словом, достоинства новой работы П. В. Васильева несомненны. Она значительно обогащает нашу лесозащитную литературу, науку и практику.

Отметим наши некоторые пожелания. Нам думается, что такому труду следовало бы предпослать в качестве первой главу, в которой были бы изложены: теоретические основы лесного хозяйства, характерные принципы и особенности лесопользования, сложившиеся в условиях социалистического общества; те новые проблемы, которые встали перед советской лесозащитной мыслью, перед наукой и практикой в условиях развернутого строительства коммунизма; критика недостатков, ошибочных или устаревших взглядов. Автор лишь частично решает эту задачу по ходу рассмотрения конкретных вопросов.

В целом, вопросы лесопотребления освещены более подробно, чем вопросы воспроизводства. Желательно было бы видеть более подробную, конкретную и действенную разработку экономических вопросов проблемы воспроизводства лесов. Это ведь главное в экономической науке. К тому же для многих крупных, традиционно лесозащитных районов практическое разрешение проблемы воспроизводства лесных ресурсов становится все более неотложной задачей для сохранения нынешних объемов заготовок леса. Известно, что и на Севере одной из причин проявления тенденции к снижению объема лесозаготовок перед войной было истощение сырьевых баз. Правда, в условиях Севера, при наличии новой лесотранспортной техники, можно было перебазировать лесозаготовки в другие богатые лесом районы,

Но эти возможности суживаются и в многолесных районах.

В книге недостает освещения вопросов повышения эффективности лесного хозяйства применительно к специфическим природным условиям крайнего Севера, районов распространения вечной мерзлоты. В современных условиях рациональное народнохозяйственное использование природных ресурсов все более рассматривают и решают не изолированно, а как комплексное использование природных ресурсов крупных районов страны. Вопросы изыскания и обоснования наиболее эффективного решения взаимодействия воспроизводства лесов с развитием других отраслей экономики района разработаны мало, без учета сферы действия современных совнархозов. В связи с этим отметим, что мало места в книге уделено анализу хозяйственной специализации, структуры лесного хозяйства наиболее крупных районов, возможностям и направлениям ее изменения при учете влияния природных

факторов и специфики экономики района.

По вполне понятным причинам более подробно и конкретно следует осветить вопросы химизации в воспроизводстве и использовании лесов. Наконец, ограниченно показан опыт зарубежных стран в области лесопользования и, особенно, воспроизводства лесных ресурсов.

Работа издана очень ограниченным тиражом, всего 1400 экземпляров. Не успев выйти в свет, книга уже стала редкостью. Мы надеемся, что будет предпринято ее переиздание.

П. М. Трофимов.

Доктор экономических наук.

П. И. Войчалъ.

*Доцент,
кандидат сельскохозяйственных наук.*

(Архангельский лесотехнический институт).

ПАМЯТИ
ПРОФ. СЕРГЕЯ АЛЕКСЕЕВИЧА БОГОСЛОВСКОГО
(К 20-летию со дня смерти)

Исполнилось двадцать лет со дня смерти крупнейшего ученого в области экономики и организации советского лесного хозяйства проф. С. А. Богословского.

Сергей Алексеевич родился в 1882 г. в семье железнодорожного служащего в с. Богородском Курской губернии. Окончив городское, а затем реальное училище, он в 1901 г. и поступил в С.-Петербургский лесной институт, который окончил в 1907 г. со званием ученого лесоведа первого разряда.

Уже в студенческие годы Сергей Алексеевич обнаружил способности и склонность к научной работе и опубликовал несколько журнальных статей. Это послужило основанием к тому, что С. А. Богословский был оставлен в институте стипендиатом высшего оклада, то есть аспирантом при кафедре лесной технологии, которую тогда возглавлял крупный ученый проф. Н. А. Филиппов. С 1909 г. Сергей Алексеевич работал ассистентом. Работа в данной области приобщила С. А. Богословского к вопросам лесной промышленности, лесопотребления и древесиноведения, которым он посвятил ряд опубликованных научных работ.

В 1913 г. он был назначен специалистом-докладчиком по лесоустроительным отчетам при Специальном Лесном Ученом Комитете и работал здесь в течение пяти лет. К этому времени относятся его опубликованные исследования по изучению способов таксации прироста и методов определения объема древесного ствола, которые вошли в фундаментальный труд «Лесная таксация» проф. М. М. Орлова.

Работая в Комитете, С. А. Богословский не прерывал своей педагогической деятельности: он состоял преподавателем на Стебуртовских высших Сельскохозяйственных курсах и руководил учебной практикой студентов Лесного института по лесной таксации.

В 1919 г. Сергей Алексеевич перешел на педагогическую работу в Иваново-Вознесенский политехнический институт, где был назначен профессором лесной таксации, а в 1920 г. занял должность профессора по той же кафедре в Сибирском (Омском) сельскохозяйственном институте. В это время он опубликовал научную работу по исследованию прироста разновозрастного елового леса, которая, наряду с последующими работами автора в данной области, характеризует его как крупного знатока наших северных лесов.

В 1922 г. С. А. Богословский возвращается в Петроградский лесной институт на должность старшего преподавателя кафедры лесоустройства, которую возглавлял проф. М. М. Орлов. В 1923 г. он был командирован для научной работы в Германию и Швецию.

По возвращении из-за границы в 1924 г. Сергей Алексеевич был утвержден профессором Лесного института по кафедре лесной экономики и лесной статистики. С этого времени научная, педагогическая и общественная деятельность С. А. Богословского развертывается с особой интенсивностью. В 1924 г. выходит в свет его книга «Учение о спелости леса» и в 1925 г. — «Новые течения в лесоустройстве», которые положили начало длительной работе Сергея Алексеевича по пересмотру основ старого русского лесоустройства, в соответствии с задачами индустриализации и технической реконструкции народного хозяйства. Живо откликаясь на запросы хозяйственного строительства в области лесной экономики, С. А. Богословский в 1926 г. опубликовал книгу «Лесоэкономические исследования, их задачи, программы и методы». Он пропагандировал новые методы на лесоучебных работах и совместно с П. В. Зиновьевым в 1932 г. опубликовал книгу «Статистический метод учета лесных ресурсов». Много времени и сил Сергей

Алексеевич отдал организации лесозо- номического образования. В 1924 г. ему была поручена организация в ин- ституте нового лесозономического цикла, который в следующем году был развернут в отделение, а затем преобразован в лесозономический фа- культет. Будучи первым деканом этого отделения и факультета включительно по 1930 г. Сергей Алексеевич развернул кипучую деятельность по привлечению крупных научных сил к строительству нового факультета, по разработке учеб- ных планов, программ, по созданию его материальной базы. Эта работа была весьма плодотворна, и с полным основа- нием С. А. Богословский должен быть признан организатором и первым руко- водителем лесозономического образова- ния в Советской высшей лесной школе.

Сергей Алексеевич не был замкнутым кабинетным ученым, любил работу в лесу и всегда стремился участвовать в производственных работах крупного масштаба. В 1921 г. он возглавил и провел большую комплексную экспеди- цию (в составе 60 человек) по обследо- ванию лесов бассейна р. Тары (приток р. Иртыша) — Тарских Урманов. В 1925 г. он провел Лужскую экспедицию (в Ленинградской области) по примене- нию лесозономических исследований и статистического метода в лесном хозяй- стве. В 1926 г. он руководил экономиче- ской группой комплексной экспедиции по изучению гарей в Марийской АССР. В 1930—1932 гг. он возглавлял Север- ную лесозономическую экспедицию по изучению лесных ресурсов Северного края. В 1937 г. по заданию Главлесоохра- ны он производил обследование рубок и возобновления в еловых лесах бассейна р. Камы. Уже на склоне лет в годы Ве- ликой Отечественной войны (1943 г.) он принимал участие в Уральской экспеди- ции по реконструкции лесного хозяйства Урала в связи с задачами обороны стра- ны.

Сергей Алексеевич постоянно прини- мал активное участие в работе Цент- рального научно-исследовательского ин- ститута лесного хозяйства в качестве ме- тодического руководителя, консультан- та, члена Ученого совета.

Владея несколькими иностранными языками — английским, немецким, фран- цузским и шведским, — Сергей Алексее- вич обладал обширными познаниями в области мирового лесного хозяйства. Он был выдающимся педагогом и методи-

стом. Его лекции были глубокими по со- держанию и блестящими по форме изло- жения. Проводимые им со студентами- курсовые семинары по экономике лесно- го хозяйства и лесной промышленности отличались широтой тематики и научным критическим духом.

В 1938 г. проф. С. А. Богословский стал заведывать кафедрой экономики, организации и планирования лесного хо- зяйства и лесоксплуатации Лесотехни- ческой академии им. С. М. Кирова и в 1939 г. был утвержден в ученой степе- ни доктора сельскохозяйственных наук без защиты диссертации.

В годы Великой Отечественной войны С. А. Богословский вступил в ряды ВКП(б).

Он был общителен, всегда внимателен к сотрудникам кафедры, побуждал к научной работе, поддерживал инициа- тиву и был сторонником коллективного обсуждения и коллегиального решения основных вопросов научной и учебной жизни.

В декабре 1941 г. Сергей Алексеевич был эвакуирован из блокированного немцами Ленинграда в Уральский лесотехнический институт (г. Свердловск). Здесь он возглавил объединенную ка- федрю экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности.

29 апреля 1944 г., возвратившись до- мой из института, где он проводил учеб- ные занятия, Сергей Алексеевич скоро- постижно скончался.

С. А. Богословский творчески работал в разных областях лесных наук и сделал большой вклад в разработку теории со- циалистического лесного хозяйства по- лесной экономики и лесоустройству. Ны- не многие его ученики занимают руково- дящие должности в лесных вузах и на производстве.

Литературное научное наследство его значительно. Кроме 30 крупных работ общим объемом более 100 печатных ли- стов, во многих журналах в разное время было напечатано около 70 его на- учных статей.

В истории советской лесной науки и высшей лесной школы С. А. Богослов- ский занимает почетное место. С глубо- ким уважением и благодарностью мы чтим память его.

А. А. Байтин.

Доцент, кандидат экономических наук.

(Ленинградская лесотехническая академия).

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Г. С. Разин. О среднем приросте запасов древесины в лесах СССР	3
П. В. Сапанкевич. Развитие сеянцев, полученных от крылаток ясеня обыкновенного, обработанных гамма-лучами	8
М. Л. Дворецкий. Определение запаса и текущего прироста по запасу одновозрастного елового древостоя	12
Н. Е. Декатов. О шаблонных способах ухода за лесом	16
Ю. И. Стахеев. Аппаратура и методика измерения нагрузочных режимов лесохозяйственных агрегатов	20
В. В. Ильинский. Мощность корнеобитаемого слоя в сосновых насаждениях различных классов бонитета	25
В. И. Бирюков. О морфологических формах лиственницы сибирской	28
В. А. Мельчанов. Влияние культур дуба на некоторые физические свойства степных почв	32
А. А. Хиров. О стимулировании плодоношения семенных плантаций сосны	36
А. Ф. Киреев. Растительность Волго-Ахтубинской поймы после перекрытия Волги	39
П. А. Тимофеев. Естественное семенное возобновление среднепоемных лесов Среднего Днепра	42
В. И. Мосин. Протравливание семян сосны обыкновенной фунгицидами	45
И. С. Марченко. Комплексный отвод участков под рубки промежуточного пользования	49
Н. А. Воронков. Особенности микроклимата и водного режима в кулисных насаждениях сосны на песках Среднего Дона	53

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

К. А. Чекалкин. Об основных параметрах механизма для установки бревен в поперечную шель	57
Б. И. Кувалдин, Б. А. Белоусов. Влияние конструкции узкоколейного железнодорожного пути на сопротивление движению подвижного состава	69
Э. Д. Мартюшов. К вопросу о расчете морозного пучения дорожного полотна на Севере II дорожно-климатической зоны	76
Б. Г. Гастев, Б. В. Билык. О характеристиках продольных профилей лесовозных дорог в горных районах Карпат	87
П. П. Чебота. Электрохимическое закрепление насыпей и выемок лесовозных дорог	91
А. В. Дуров, В. А. Афанасов, О. Д. Орленко. Тепловозная испытательная станция АЛТИ	95

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

П. Н. Хухрянский, Л. Ф. Янин. Теплофизические характеристики прессованной древесины как подшипникового материала	100
А. П. Архипова. Физико-механические свойства самосмазывающейся прессованной древесины как машиностроительного материала	105
Нгуен Ван Минь. Методы исследования обрабатываемости древесины резанием и их обобщения	111

А. И. Быховский, Н. А. Оснач, С. Г. Чудновец. Рентгеновский метод исследования кинетики процессов пропитки древесины	121
В. Н. Фелешук. Влияние положения ножа относительно чурака на сопротивляемость древесины обработке лущением.	129

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Н. Непенин, В. Т. Веревкина. Сульфитная варка лиственной древесины с кислотой на сульфате натрия	137
Н. Я. Солечник, К. Хамар, В. М. Аникьева. К вопросу получения древесных пластиков без связующих из хвойных пород, Сообщение 2.	145
В. М. Никитин, Т. М. Крошилова. Получение феноксикарбоновых кислот лигнина	149
А. Ф. Киприанова, В. И. Юрьев. Влияние адсорбции катионов металлов на проклейку бумаги. Сообщение 1.	151
В. А. Шишкин, Д. В. Тищенко. Парофазный гидролиз метоксифенолов. Сообщение 1. Гидролиз гваякола на силикагеле, пропитанном ортофосфорной кислотой	156
Ю. А. Гугнин. Сульфатная варка с добавкой борогидрида натрия	160

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

И. Н. Лигачев. Возрастное строение сосновых лесов Забайкалья	167
А. В. Технеряднов, А. Д. Шевченко, Ю. Э. Вильцинг. О влиянии абсолютной высоты местности и места взятия образца на химический состав древесины ели тяньшаньской	169

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. И. Переход. Новый труд по лесной экономике	171
П. М. Трофимов, П. И. Войчаль. О книге П. В. Васильева «Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов»	172
А. А. Байтин. Памяти проф. Сергея Алексеевича Богословского	174

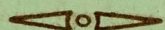
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5. (Год издания седьмой).

Сдан в набор 22/IX-64 г. Подписан к печати 23/XI-64 г. Форм. бум. 70x108/16. Физич. л. 11, печ. л. 15,07, + 1 вклейка, уч.-изд. л. 14,54. Тираж 1650. Сл 00146. Зак. № 1716. Цена 1 руб.

Типография им. Склепина, г. Архангельск, набережная В. И. Ленина, 86.

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ



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

Цена 1 руб.

**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».