

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

*ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ*

3

1972

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. **И. М. Боховкин** (отв. редактор), доц. **Е. С. Романов** (зам. отв. редактора), доц. **С. И. Морозов** (зам. отв. редактора), проф. **Н. М. Белая**, проф. **Г. А. Вильке**, доц. **П. И. Войчаль**, 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. **Ф. И. Коперин**, проф. **С. Я. Коротов**, акад. ВАСХНИЛ, проф. **И. С. Мелехов**, доц. **Н. В. Никитин**, проф. **А. Н. Песоцкий**, доц. **В. О. Самуйло**, доц. **Г. Я. Трайтельман**, проф. **В. Н. Худоногов**, 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 вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17,  
Архангельский лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

---

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

(Год издания пятнадцатый)

---

Сдан в набор 29/IV-1972 г. Подписан к печати 29/VI-1972 г. Форм. бум. 70 × 108/16.

Печ. л. 15,4 + 3 вкл. Физ. л. 11. Уч.-изд. л. 15,47. Тираж 2100.

Сл. 00187. Заказ № 2572. Цена 1 руб.

---

Типография им. Склепина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.312.8

О ХАРАКТЕРЕ РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ  
ЛЕСНЫХ ДИСКОВЫХ ОРУДИЙ

П. С. ДАРТОВ

Воронежский лесотехнический институт

В статье изложены результаты теоретических исследований, которыми установлено, что вращающиеся сферические диски производят резание почвы без скольжения, а невращающиеся, перемещающиеся в почве поступательно, режут почву со скольжением.

В качестве рабочих органов лесных дисковых почвообрабатывающих орудий используют сферические диски. Их режущее лезвие по форме и характеру движения в почве отличается от режущих лезвий рабочих органов других типов. В то время как режущие кромки лап культиваторов и лемехов плугов имеют прямолинейную форму, расположены горизонтально и перемещаются в почве поступательно, режущие лезвия дисковых рабочих органов имеют форму дуги окружности, разные отрезки лезвий перемещаются в почве на неодинаковой глубине и расположены под различными углами относительно линии движения агрегата. Кроме того, лезвие диска совершает не только переносное поступательное движение вместе с машиной, но и дополнительное вращательное относительно оси рабочего органа. Эти особенности накладывают отпечаток на технологический процесс резания почвы сферическими дисками.

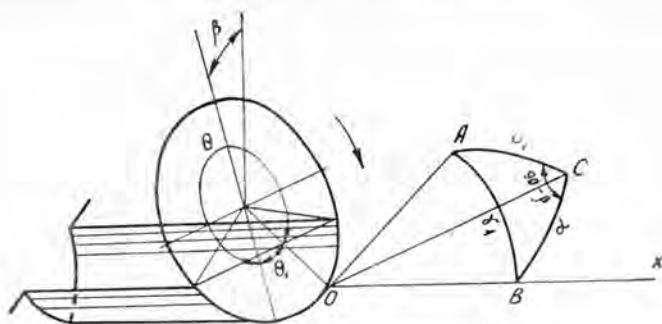
В теории резания прунта [1] различают два вида резания: со скольжением и без скольжения. В первом случае почвенные частицы под действием режущего лезвия рабочего органа любого типа перемещаются не только в направлении движения рабочего органа, но и скользят вдоль лезвия; при этом усилие, затрачиваемое на отрезание пласта, значительно уменьшается. Во втором случае почвенные частицы не перемещаются вдоль лезвия, а лишь движутся по направлению движения орудия.

В настоящее время нет полной ясности в вопросе о том, как сферические диски почвообрабатывающих орудий режут почву: со скольжением или без него. Некоторые авторы [2], [3] считают, что вращающиеся сферические диски режут почву со скольжением, но не приводят доказательств. В связи с этим мы провели теоретические исследования по данному вопросу, результаты которых изложены в настоящей статье.

Скольжение почвенных частиц вдоль лезвия возможно лишь при условии, если угол  $\gamma$  между направлением движения режущей кромки и линией лезвия меньше  $90^\circ - \varphi_0$ , то есть

$$\gamma < 90^\circ - \varphi_0 \quad (1)$$

где  $\varphi_0$  — угол трения почвы о сталь. Он зависит от физико-механических свойств и состояния почвы и для песчаных сыпучих почв равен  $14-19,5^\circ$ , для супесчаных связных —  $26,5-35^\circ$ , для легко- и среднесуглинистых —  $19,5-26,5^\circ$ , для тяжело-суглинистых и глинистых —  $31-42^\circ$  [4].

Рис. 1. К определению величины угла  $\gamma_1$ .

У лемешно-лапчатых рабочих органов угол  $\gamma$  по всей режущей кромке постоянен, как правило, удовлетворяет условию (1), и поэтому такие рабочие органы в большинстве случаев режут почву со скольжением.

У сферических дисков угол  $\gamma$ , вследствие отмеченных особенностей, не остается постоянным в разных точках режущей кромки диска. Рассмотрим, как изменяется величина этого угла в зависимости от геометрических параметров диска и характера его движения в почве.

У заторможенного, то есть у невращающегося, диска режущая кромка перемещается поступательно в направлении движения агрегата. Определим для любой точки режущей кромки заторможенного диска угол  $\gamma_1$  из сферического треугольника  $OABC$  (рис. 1), в котором:  $OA$  — касательная к дуге резания в данной точке  $O$  режущей кромки, положение ее в разных точках лезвия различно;  $OC$  — горизонтальный отрезок прямой, лежащей в плоскости режущей кромки диска и проходящей через точку  $O$ ;  $OB$  — отрезок прямой на линии движения рабочего органа.

Из треугольника  $OABC$ , на основании зависимостей сферической тригонометрии, имеем

$$\cos \gamma_1 = \cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — угол между направлением движения агрегата и горизонтальным диаметром диска (угол атаки),  $\alpha = 15^\circ - 45^\circ$ ;

$\beta$  — угол наклона плоскости режущей кромки диска относительно вертикальной оси,  $\beta = 0 - 30^\circ$ ;

$\theta_1$  — угол между отрезками  $OA$  и  $OC$ , численно равный углу  $\theta$ , или  $360^\circ - \theta$ ;

$\theta$  — угол, отсчитываемый по часовой стрелке, между радиусами диска, проходящими через самую нижнюю точку режущего лезвия и через данную точку  $O$  режущей кромки. При глубине обработки, равной половине радиуса диска, угол  $\theta$  изменяется в секторе контакта диска с почвой от  $300^\circ$  в точке режущей кромки, расположенной на входе диска в почву, до  $60^\circ$  в точке на выходе из почвы. В самой нижней точке, на дне борозды,  $\theta = 0^\circ$ . С увеличением глубины обработки диапазон изменения угла  $\theta$  в пределах сектора резания расширяется.

Расчеты по формуле (2), представленные в виде графика (рис. 2), показали, что у заторможенного диска в самой нижней точке режущей

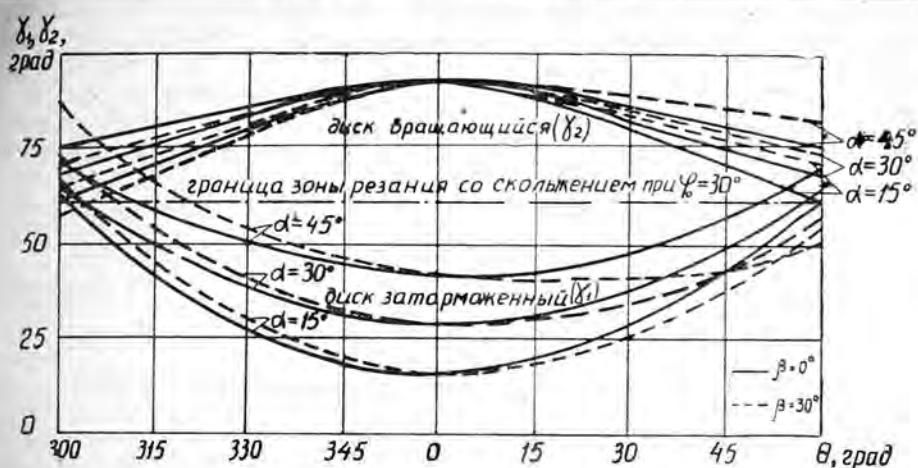


Рис. 2. Зависимость угла  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  от положения точки на режущей кромке и параметров диска.

кромки ( $\theta = 0^\circ$ )  $\gamma_1 = 15 - 45^\circ$ . Это значит, что  $\gamma_1 < 90^\circ - \varphi_0$ , условие (1) выполняется, то есть самая нижняя часть режущего лезвия заторможенного диска режет почву со скольжением. В крайних точках зоны контакта режущего лезвия диска с почвой, расположенных на уровне поверхности поля, угол  $\gamma_1$  равен  $55 - 70^\circ$ , то есть условие (1) соблюдается не всегда. Характер резания почвы этими участками лезвия изменяется в зависимости от углов установки диска, физико-механических свойств почвы и глубины обработки. В одних случаях это резание со скольжением, в других — без него. С увеличением угла атаки и глубины обработки возможность резания без скольжения расширяется. Наклон диска ведет к уменьшению такой возможности на участках, расположенных на выходе диска из почвы, и к ее увеличению на противоположной стороне. С возрастанием угла трения зона резания без скольжения, как видно из формулы (1), расширяется. В целом можно считать, что заторможенный сферический диск режет почву со скольжением и лишь на небольших участках непосредственно у поверхности почвы — без него.

У вращающегося сферического диска в пределах зоны резания изменяется не только положение касательной к дуге резания в разных ее точках, но и направление вектора скорости движения точек режущей кромки. Ввиду того, что для вращающегося диска вектор скорости поступательного движения направлен вдоль оси  $OX$ , а вращательного — по касательной к лезвию, то вектор суммарной скорости движения данной точки режущей кромки диска расположен в плоскости, про-

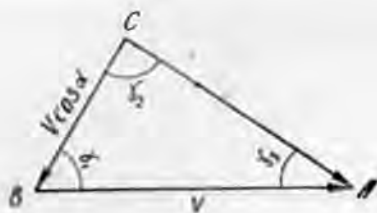


Рис. 3. К определению величины угла  $\gamma_2$ .

ходящей через ось  $OX$  и касательную к режущей кромке в данной точке. Угол  $\gamma_2$ , образуемый вектором суммарной скорости с касательной, определим из треугольника скоростей  $ABC$  (рис. 3), в котором известны две стороны (поступательная скорость движения орудия  $V$  и окружная скорость движения режущей кромки диска, равная  $V \cos \alpha$  при условии качения диска без скольжения и буксования) и угол между ними.

Выразим  $\gamma_2$  следующим образом

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_2 - \gamma_3}{2} + \frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2}$$

Из рис. 3 видно, что

$$\frac{\gamma_2 - \gamma_3}{2} = \arctg \left( \frac{V - V \cos \alpha}{V + V \cos \alpha} \operatorname{ctg} \frac{\gamma_1}{2} \right)$$

Или, учитывая выражение (2), получим

$$\frac{\gamma_2 - \gamma_3}{2} = \arctg \left[ \frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1}{1 - [\cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1]}} \right]$$

Из треугольника  $ABC$  (рис. 3) имеем также

$$\frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma_1}{2} = 90^\circ - \frac{\arccos [\cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1]}{2}$$

Из последних двух соотношений найдем

$$\begin{aligned} \gamma_2 = 90^\circ - \frac{\arccos [\cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1]}{2} + \\ + \arctg \left[ \frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1}{1 - [\cos \alpha \cos \theta_1 + \sin \alpha \cos (90^\circ \pm \beta) \sin \theta_1]}} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

Произведенные по формуле (3) расчеты, представленные графически на рис. 2, показали, что у вращающегося диска в самой нижней точке режущей кромки угол  $\gamma_2 = 90^\circ$ , то есть на этом участке лезвия условие (1) не выполняется, и резание почвы происходит без скольжения. В крайних точках зоны контакта режущей кромки диска с почвой угол  $\gamma_2 = 60^\circ - 80^\circ$ , то есть на этих участках в зависимости от углов установки диска, физико-механических свойств почвы и глубины обработки может происходить резание почвы как со скольжением, так и без него. С увеличением угла атаки возможность резания со скольжением в крайних зонах уменьшается, а с увеличением глубины обработки — растет. Наклон диска ведет к увеличению возможности резания со скольжением на участке, расположенном на входе диска в почву, и к ее уменьшению на выходе. С увеличением угла трения ширина зоны резания со скольжением сокращается.

В целом можно считать, что вращающийся сферический диск режет почву без скольжения и лишь небольшие участки лезвия, расположенные непосредственно у поверхности поля, могут в отдельных случаях резать со скольжением. Следовательно, встречающиеся в литературе высказывания о том, что вращающийся сферический диск режет почву со скольжением, ошибочны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Желиговский. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. Тбилиси, 1960. [2]. М. Е. Мацепуро. Творческое изменение учения Горячкина В. П. в научных исследованиях по механизации сельского хозяйства. Минск, 1956. [3]. В. А. Острогла-

Исследование ножей болотных и болотно-кустарниковых плугов. Известия АН БССР, № 2, 1955. [4]. Г. Н. Сивеожов. Проектирование почвообрабатывающих машин. М., 1965.

Поступила 24 января 1972 г.

УДК 634.0.561.3

## ТЕКУЩИЙ ПРИРОСТ И ОБЩАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ДУБА В ТУЛЬСКИХ ЗАСЕКАХ

П. В. ВОРОПАНОВ

Брянский технологический институт

В статье на материале, заимствованном из работы М. В. Давидова «Исследование хода роста культур дуба в Тульских засеках», показано применение метода моделирования для исчисления размеров прироста и общей продуктивности насаждений.

М. В. Давидовым [6] опубликована таблица хода роста смешанных дубово-липовых насаждений I класса бонитета. Не вдаваясь в рассмотрение методики сбора и обработки материалов, послуживших основанием для составления этой таблицы, отметим, что автор допускает грубые ошибки, «приводя все данные пробных площадей к полноте 1,0» или отыскивая «ориентировочно» величину отпада, а затем и общую продуктивность исследуемых насаждений.

В настоящее время немыслимо составлять таблицы хода роста без определения текущего прироста по запасу в насаждениях. Таблица, в которой фигурирует «ориентировочно» установленный текущий прирост, может ввести в заблуждение читателя; в силу этого считаем необходимым проанализировать некоторые цифровые материалы, помещенные в ней, и в частности размеры, характеризующие, по автору, текущий прирост и общую продуктивность по запасу смешанных дубрав.

В соответствии с нашими предложениями об использовании метода физического моделирования для определения текущего прироста в насаждениях [3]—[5], выполним все необходимые расчеты по элементам леса в пределах изученных М. В. Давидовым объектов [6]. Исходные материалы взяты из таблицы хода роста смешанных дубово-липовых насаждений, составленной М. В. Давидовым, и помещаются в графах 1—3 нашей табл. 1. В этой таблице все технические расчеты для получения размеров текущего прироста по запасу в пределах элемента леса (в смешанных дубравах таких элементов три) помещаются в графах 4—7. Если объем среднего дерева обозначим через  $v$  (графа 4), возраст насаждений через  $A$  (графа 1), запасы их через  $M$  (графа 2), а количество деревьев через  $N$  (графа 3), то размеры текущего прироста насаждений ( $Z_M$  в графе 7) можно получить следующим логическим построением:  $\frac{M_A}{N_A} = v_A$ ;  $\frac{v_A - v_{A-10}}{10} = Z_v^A$  (объемный текущий прирост за год среднего дерева насаждения в возрасте  $A$ );  $Z_v^A \cdot N_A = Z_M^A$  (годовой текущий прирост по запасу насаждения в возрасте  $A$ ).

В соответствии с нашими предложениями [2], исчисленные размеры отпада в насаждениях (графа 10) всюду получены за десятилетие исходя из формулы

$$Z_M^A = (M_A - M_{A-10}) + M_{отп}$$

Таблица 1

Исходные материалы из таблиц М. В. Давидова			Объем среднего дерева насаждения $V, м^3$	Разница по размерам смежных деревьев насаждений, $м^2$	Годичный текущий прирост		Капитализированный текущий прирост насаждения за 10 лет, $м^3/га$		
возраст насаждений $A$ , лет	запас стволовой древесины $M$ , $м^3/га$	количество стволов $N$ , шт./га			по объему среднего дерева насаждения $Z_{\text{ср}}, м^3$	по запасу насаждения $Z_M$ , $м^3/га$	общий	из которого	
1	2	3	4	5	6	7		8	9

## Дуб дровостоя

10	6	4870	0,0012	—	—	—	—	—	—
20	24	1070	0,0225	0,0213	0,00213	2,13	21,3	18	3,3
30	56	614	0,091	0,068	0,0068	4,15	41,5	32	9,5
40	94	449	0,209	0,118	0,0118	5,30	53	38	15
50	131	360	0,365	0,156	0,0156	5,60	56	37	19
60	162	292	0,555	0,190	0,0190	5,55	55,5	31	24,5
70	189	248	0,762	0,207	0,0207	5,15	51,5	27	24,5
80	210	214	0,982	0,220	0,0220	4,70	47	21	26
90	225	181	1,24	0,258	0,0258	4,67	46,7	15	31,7
100	240	161	1,49	0,25	0,0250	4,00	40	15	25

## Липа дровостоя

10	5	1860	0,0027	—	—	—	—	—	—
20	24	1120	0,0214	0,0187	0,00187	2,10	21,0	19	2,0
30	39	554	0,070	0,049	0,0049	2,72	27,2	15	12,2
40	53	351	0,150	0,080	0,0080	2,80	28,0	14	14,0
50	66	252	0,262	0,112	0,0112	2,82	28,2	13	15,2
60	81	202	0,400	0,138	0,0138	2,78	27,8	15	12,8
70	93	174	0,535	0,135	0,0135	2,35	23,5	12	11,5
80	104	150	0,693	0,158	0,0158	2,37	23,7	11	12,7
90	112	134	0,836	0,143	0,0143	1,92	19,2	8	11,2
100	116	124	0,938	0,102	0,0102	1,26	12,6	4	8,6

## Прочие породы дровостоя

10	15	7870	0,0019	—	—	—	—	—	—
20	27	1340	0,0202	0,0183	0,00183	2,46	24,6	12	12,6
30	35	577	0,060	0,040	0,0040	2,31	23,1	8	15,1
40	40	310	0,129	0,069	0,0069	2,14	21,4	5	16,4
50	46	183	0,251	0,122	0,0122	2,24	22,4	6	16,4
60	51	126	0,405	0,154	0,0154	1,95	19,5	5	14,5
70	53	85	0,623	0,218	0,0218	1,85	18,5	2	16,5
80	55	74	0,744	0,121	0,0121	0,90	9,0	2	7,0
90	57	72	0,791	0,047	0,0047	0,34	3,4	2	1,4
100	59	70	0,840	0,051	0,0051	0,36	3,6	2	1,6

или

$$M_{\text{отп}} = Z_M^A - (M_A - M_{A-10})$$

и, наконец,

$$M_{\text{отп}} = Z_M^A - M_A + M_{A-10}$$

Расчеты отпада сделаны в табл. 1 отдельно по элементам леса смешанных дубрав.

Для исчисления текущего прироста по элементу леса, образованному разными породами, нами привлечены предложения А. И. Тарашкевича [8], [9] и А. С. Матвеева-Мотила [7]. Первое из них очень преувеличивает размеры текущего прироста, а второе дает результаты, довольно близкие к нашим.

Так как текущий прирост в насаждении за 10-летие определяется по формуле

$$Z_M^{\text{тек}} = (M_A - M_{A-10}) + M_{\text{отп. за 10 лет}}$$



Таблица 2

Возраст насажде- ний, лет	Ежегодный среднесрочный отход по табличам хода роста						Отход по расчетам		Отход по В. Антанайтису		Отход по П. В. Воробанову в смешан- ных дубравах			
	К. Вильямеура для дубрава I класса бонитета		М. В. Давидова		Л. В. Ежича для дубрава Кавказа I класса бонитета		А. И. Та- рашевича	А. С. Мат- веева- Могина	в дубравах II класса бонитета	в черноольхо- вых насажде- ниях II класса бонитета	дубовому	по элементам леса		общий
	в смешанных дубравах		в дубравах II класса бонитета									липовому	прочих пород	
20	—	2,0	—	—	—	—	4,0	—	—	—	1,38	0,84	4,65	2,38
30	2,2	1,3	1,55	1,07	8,3	2,8	2,76	3,84	2,76	3,84	1,70	3,12	4,3	2,84
40	1,35	1,25	1,25	0,92	6,0	2,2	1,81	3,02	1,81	3,02	1,6	2,64	4,1	2,42
50	1,0	1,25	1,05	0,9	4,1	1,85	1,52	2,27	1,52	2,27	1,45	2,3	3,56	2,08
60	0,9	1,2	0,95	0,88	3,3	1,55	1,54	1,36	1,54	1,36	1,51	1,58	2,84	1,76
70	0,8	1,15	0,88	0,95	3,0	1,3	1,27	1,3	1,27	1,3	1,3	1,23	3,11	1,57
80	0,75	1,0	0,8	0,85	2,4	1,15	1,2	1,1	1,2	1,1	1,21	1,22	1,27	1,24
90	0,65	0,9	0,75	0,78	2,1	—	—	1,1	1,33	1,1	1,41	1,0	0,25	1,12
100	0,6	0,75	0,68	0,68	1,7	—	—	—	0,95	—	1,04	0,74	0,27	0,85

№ к существующему запасу насаждения

Таблица 3

Возраст насаждений, лет	Запас насаждений по общей продуктивности по методу, м <sup>3</sup> /га												
	наиме общепринятому					рекомендованному нами в 1932 г.							
	запас древесины	размеры отпада по запасу		общая продуктивность по запасу	текущий прирост по запасу в год	запас древесины	текущий прирост по запасу в год	капитализированный текущий прирост за 10-летие			последовательно суммированный отпад	общая продуктивность по запасу	
		за 10-летие	последовательно суммированные					общий	из которого				
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13
10	26	—	—	26	—	26	—	—	—	—	—	—	26
20	75	15	15	90	6,4	75	6,69	66,9	49	17,9	17,9	93	
30	130	17	32	162	7,2	130	9,18	91,8	55	36,8	54,7	185	
40	187	23	55	242	8,0	187	10,24	102,24	57	45,4	100,1	287	
50	243	30	85	328	8,6	243	10,66	106,6	56	50,6	150,7	394	
60	294	35	120	414	8,6	294	10,28	102,8	51	51,8	202,5	497	
70	335	38	158	493	7,9	335	9,35	93,5	41	52,5	255	590	
80	369	38	193	565	7,2	369	7,97	79,7	34	45,7	300,7	670	
90	394	35	232	626	6,1	394	6,93	69,3	25	41,3	345	739	
100	415	32	264	679	5,3	415	5,62	52,6	21	35,2	380,2	795	

то различия в размерах  $Z_M^{\text{тек}}$  легко объяснима неполным учетом размеров отпада. Данные табл. 2, где показан ежегодный отпад в процентах к существующим запасам насаждений, объясняют, почему размеры  $Z_M^{\text{тек}}$  наименьшие в существующих таблицах хода роста. Из этой же таблицы следует сделать вывод о близких размерах отпада, полученных нами и другими авторами [1], [7]. По известному мнению И. М. Науменко, в существующих таблицах хода роста насаждений отпад уменьшен.

Естественно поэтому, что по нашим расчетам (табл. 3), общая продуктивность смешанных 100-летних дубрав оказалась на 17% выше соответствующих данных М. В. Давидова. Поэтому вряд ли следовало составленные им таблицы хода роста рекомендовать для практических расчетов по текущему приросту и общей продуктивности в смешанных дубравах.

Пути получения запасов по общей продуктивности в насаждениях, использованные М. В. Давидовым [6] и предложенные нами [2], совершенно различны. Если по общепринятому методу следует сначала найти отпад, а затем через общую продуктивность установить размеры  $Z_M^{\text{тек}}$  (графа 6), то мы рекомендуем [2] прежде всего определить размеры  $Z_M^{\text{тек}}$  (графа 8), а после этого установить отпад (графа 11) и запас по общей продуктивности (графа 13).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Антанайтис. Таблицы таксации текущего прироста отдельных насаждений. Изд. Литовской сельскохозяйственной академии, Каунас, 1964. [2]. П. В. Воропанов. Лекции по лесной таксации. Ч. II. Изд. Брянского технологического института, Брянск, 1962. [3]. П. В. Воропанов. Метод расчета общей продуктивности насаждений при построении таблиц хода роста. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [4]. П. В. Воропанов. Лекции по лесной таксации. Ч. III. Приокское изд-во, Брянск, 1970. [5]. П. В. Воропанов. О возрастах количественной опелости леса. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1970. [6]. М. В. Давидов. Исследование хода роста культур дуба в Тульских засеках. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1970. [7]. А. С. Матвеев-Мотин. Прирост, производительность и продуктивность леса. Гослесбуиздат, М.—Л., 1962. [8]. А. И. Тарашкевич. Рубка в размере не свыше годичного прироста. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 6, 7, 1935. [9]. А. И. Тарашкевич. Процесс отпада стволов. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 11, 12, 1935.

Поступила 15 марта 1972 г.

УДК 581.821.2

## ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КОРЫ ПИХТЫ о. САХАЛИНА

В. М. ЕРЕМИН

Воронежский лесотехнический институт

Исследование анатомической структуры коры пихты сахалинской и пихты Майра, естественно произрастающих на Сахалине, позволило выявить в микроструктуре их коры ряд существенных различий, которые носят устойчивый характер и могут быть использованы для решения вопросов таксономии и диагностики.

На Сахалине в состав лесообразующих пород из рода *Abies* входят два вида: *A. sachalinensis* Mast. и *A. Mayriana* Miyabe et Kudo [5]. Литературные сведения о структуре коры касаются, главным образом,

европейских видов [1]—[4], [6]—[11]. У исследованных нами видов ранее было изучено только количественное соотношение коры и древесины [12].

Анатомическую структуру коры изучали на образцах, взятых в Тымовском и Корсаковском лесхозах Сахалинской области. Возраст модельных деревьев составлял у пихты сахалинской 65 лет, у пихты Майра—55. Образцы коры брали на середине длины 1- и 2-летних побегов, на  $1/2$  высоты ствола и на 1,3 м над уровнем почвы и сразу же фиксировали в смеси спирта и глицерина (1:1). В лабораторных условиях на санном микротоме изготавливали поперечные и продольные срезы, гистологический анализ и измерения элементов проводили на микроскопе МБИ-6.

В целом в состав коры указанных видов пихты входят те же ткани, что и у других видов, однако есть и существенные различия, обусловленные неодинаковой продолжительностью жизнедеятельности одноименных тканей, различным по времени возникновения и степени проявления возрастных изменений количественным участием каждой из них в составе коры и т. д.

Известно, что корка образуется у пихт довольно зрелого возраста в результате заложения повторных перидерм. У пихты сахалинской повторные перидермы достигают значительной толщины (1,2—1,5 мм), в феллеме ее четко различается годовичная слоистость, среди клеток пробки имеются слизевые клетки. У пихты Майра повторных перидерм и корки мы вообще не наблюдали.

Первичная кора у пихты Майра, в связи с длительным отсутствием корки, функционирует значительно дольше, чем у пихты сахалинской. У первой в коре значительно раньше начинают образовываться склеренхимы (уже в двухлетнем возрасте). В нижней части ствола площадь, занимаемая склеренхимой, составляет у пихты Майра 35—40%, а у пихты сахалинской всего 5% поперечного среза коры, причем склеренхимные группы в коре пихты Майра сосредоточены в периферической части. Здесь же расположены слизевые клетки—важнейший отличительный элемент коры пихт. По форме и величине этих клеток у обоих видов пихты существенных различий нет. Сосредоточены они, в основном, в периферической части первичной коры, где у пихты сахалинской их число достигает 35 шт. на  $1 \text{ мм}^2$ , а у пихты Майра—25. Ближе к флоэме число их снижается у пихты сахалинской до 6, а у пихты Майра до 2 шт. на  $1 \text{ мм}^2$ .

Смоляносная система у этих пихт представлена основными и дополнительными ходами первичной коры. Основные ходы располагаются кольцом вокруг флоэмы, в однолетнем побеге они по форме эллипсоидны, ориентированы большей осью по радиусу побега. Дополнительные ходы располагаются около основных. Форма их или эллипсоидная, или округлая. Число основных ходов у пихты сахалинской на поперечном срезе однолетнего побега 55—65, дополнительных 65—70. У пихты Майра число основных примерно такое же (50—55), а дополнительных значительно больше—до 100. Очень четко эти два вида пихт различаются по расположению дополнительных смоляных ходов на поперечном срезе. Если у пихты сахалинской они располагаются, как мы отмечали, между кольцом основных ходов и перидермой, то у пихты Майра часть дополнительных ходов расположена между кругом основных и флоэмой (рис. 1). У сахалинской пихты дополнительные ходы собраны в группы по 4—5, а группы расположены кольцом около основных.

Кроме смоляных ходов у пихт, хотя и несколько позднее, формируются смоляные желваки и линзы. В структуре их особых различий не наблюдается, однако есть различия в численности их на единицу площади поверхности коры. Если их число на  $1 \text{ дм}^2$  у пихты сахалинской не превышает 15, то у пихты Майра оно вдвое больше.

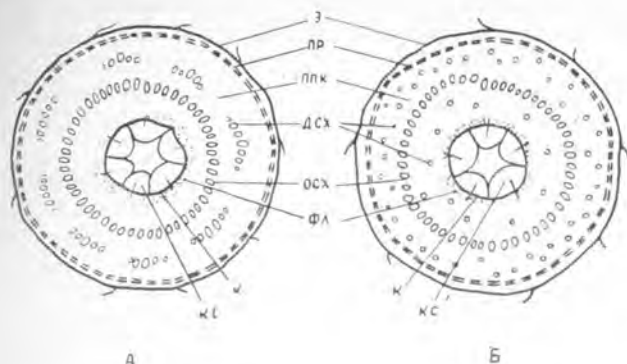


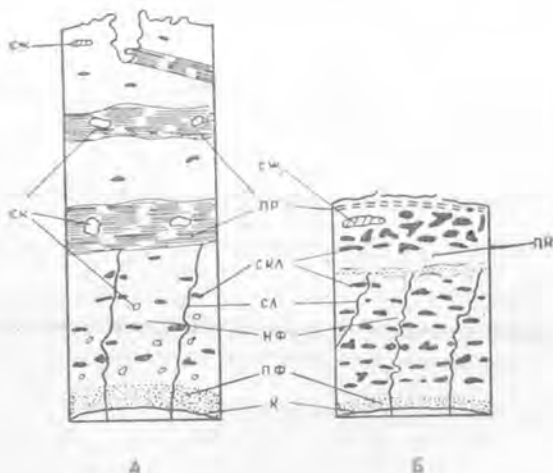
Рис. 1. Схема расположения смоляных ходов в первичной коре побегов пихт в однолетнем возрасте. А — пихта сахалинская; Б — пихта Майра.

э — эпидермис; пр — перидерма; д.с.х — дополнительные смоляные ходы; о.с.х — основные смоляные ходы; к — камбий; кс — ксилема; ппк — паренхима первичной коры; фл — флоэма.

Вторичная флоэма обеих пихт, несмотря на однотипность в составе тканей, обладает характерными особенностями. Достаточно сказать, что во флоэме пихты сахалинской имеются слизевые клетки, хотя и немногочисленные (5—6 шт. на  $1 \text{ мм}^2$  поперечного среза в нижней части ствола). Структура и размеры их не отличаются от таких же клеток первичной коры. Во вторичной флоэме пихты Майра слизевые клетки отсутствуют совершенно (рис. 2). Несколько различна у исследованных пихт мощность проводящей флоэмы. На середине ствола, где толщина флоэмы наибольшая, ее мощность у пихты сахалинской составляет 0,4 мм, тогда как у пихты Майра всего 0,22 мм. Такое различие обусловлено неодинаковым радиальным размером ситовидных клеток — 26 мк у пихты сахалинской, 19 мк у пихты Майра (на середине ствола).

Рис. 2. Схема расположения тканей в коре на высоте 1,3 м. А — пихта сахалинская; Б — пихта Майра.

к — камбий; пф — проводящая флоэма; нф — непроводящая флоэма; сл — сердцевинные лучи; ск — слизевые клетки; скл — склериды; пр — перидерма; пк — первичная кора; сж — смоляной желвак.



Отложение кристаллов оксалата кальция в аксиальной паренхиме флоэмы у пихты сахалинской наблюдается только в побегах и не происходит в ствольной части. Насыщенность флоэмы кристаллоносными

клетками достигает 30 шт. на  $1 \text{ мм}^2$  тангенциального среза флоэмы. У пихты Майра отложение кристаллов в аксиальной паренхиме флоэмы наблюдается по всему стволу, хотя насыщенность кристаллоносными клетками к основанию ствола резко снижается с 20 клеток на  $1 \text{ мм}^2$  тангенциального среза флоэмы в однолетних побегах до 4 клеток в нижней части ствола.

Очень четко эти два вида пихт отличаются по степени склерификации флоэмы. Склеренды располагаются группами эллипсовидной формы, ориентированы большой осью в тангенциальном направлении. У пихты сахалинской степень склерозиса вторичной флоэмы в нижней части ствола достигает всего 25% поперечного среза, а у пихты Майра на этой высоте степень склерозиса достигает 50% поперечного среза.

У названных видов пихт значительно различается общая толщина коры. В нижней части ствола у пихты сахалинской она достигает 10 мм, а у пихты Майра всего 5,2 мм (рис. 2). Объясняется это, прежде всего, тем, что у пихты сахалинской ежегодный слой флоэмы (проводящая флоэма) значительно мощнее, чем у пихты Майра.

Таким образом, анатомическая структура коры пихт, произрастающих на Сахалине, обладает вполне определенными различиями, которые носят устойчивый характер и могут быть приняты во внимание при решении вопросов таксономии и диагностики.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. И. Лотова. Анатомическая структура коры некоторых видов пихт. Вестник МГУ, сер. «Биология, почвоведение» № 3, 1971. [2]. А. А. Никитин. К вопросу о структуре и возникновении смоловместилищ пихты сибирской. Труды ботанического института им. Комарова, сер. V, вып. 9, 1961. [3]. П. Б. Раскатов. Структура коры белой пихты. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1964. [4]. П. Б. Раскатов. Особенности строения коры пихты белой и пихты сибирской. Научные записки Воронежского отделения ВБО. Изд-во Воронежского университета, 1968. [5]. С. Я. Соколов, О. А. Связева. География древесных растений СССР. Изд-во «Наука», М.—Л., 1965. [6]. Chang Ying-pei. Bark structure of North American Conifers. «U. S. Dept. Agric., Techn. Bull.», Washington, 1954, 1095. [7]. W. Holdheide. Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. «Handbuch der Mikroskopie in der Technik», 5, T. 1, Frankfurt a. Main, 1951. [8]. B. Huber. Das Siebröhrensystem unserer Bäume und seine jahreszeitlichen Veränderungen. «Jahrb. Wiss. Bot.», 88, H. 2, 1939. [9]. J. Moeller. Anatomie der Baumrinden. Berlin, 1882. [10]. R. W. Outer. Histological investigations of the secondary phloem of gymnosperms. «Medel. Landbauhogeschal Wageningen», 67, Nr. 7, 1967. [11]. L. M. Srivastava. Secondary phloem in the Pinaceae. «Univ. Calif. Publ. Bot.», 36, No 1, 1963. [12]. K. Yawawa. Untersuchungen über die Rindendicke und die Rindenprozentage der Fichte und Tanne. «Bull. of the Saghalien central experiment station», № 20, Ser. II (Forestry), № 7. Saghalien, Japan, 1935.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 547.963.32+581.4

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ И МОРФОГЕНЕЗ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

П. Ф. СОВЕРШАЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Гистохимическими методами выявлена локализация РНК и ДНК в репродуктивных органах сосны. Установлена определенная направленность изменения локализации РНК и ДНК в процессе морфогенеза как женских, так и мужских генеративных почек сосны.

Показаны основные этапы эмбриогенеза и морфо-физиологические особенности спорогенеза.

В настоящее время доказано биологическое значение нуклеиновых кислот в процессе морфогенеза репродуктивных органов в полном цикле

их развития от заложения генеративных почек до созревания семян [1, 2], [5]. Поэтому так важна оценка роли РНК и ДНК при изучении особенностей писто- и морфогенеза репродуктивных органов, а также цитофизиологических процессов, протекающих в период сексуализации побегов, цветения, оплодотворения, эмбриогенеза и созревания семян.

Гистохимические исследования последних лет, проведенные многими авторами [3], [6], [7], позволили установить не только локализацию РНК и ДНК в разных частях генеративных органов, но и перемещение этих кислот в пределах одного органа. Так, например, ДНК из распадающихся клеток нуцеллуса перемещается в зародышевый мешок. ДНК клеток талегума используется развивающимися пыльцевыми зернами. РНК и ДНК эндосперма передаются растущему зародышу [6]. Приведенные результаты относятся в основном к репродуктивным органам травянистых растений; работы по гистохимическим исследованиям этих органов у хвойных единичны [4], [8].

Генеративные почки фиксировали в жидкости Карнуа (спирт — хлороформ — уксусная кислота). Микропрепараты делали по обычной гистологической методике, срезы заливали бальзамом.

Локализацию ДНК выявляли окрашиванием препаратов реактивом Шиффа по Фельдену, ДНК и РНК по Браше [2] — смесью метиловый зеленый — пиронин. Параллельно с этим локализацию нуклеиновых кислот изучали цитофизиологическим методом с помощью люминесцентного микроскопа МЛ-2. В качестве флуорохрома использовали акридиновый оранжевый. Свежие нефиксированные срезы почек делали на замораживающем микротоме и затем обрабатывали по В. Г. Конареву [5].

В постоянных препаратах срезы заливали полистиролом, в который добавляли пластификатор для предохранения полистирола от кристаллизации. Для контроля специфичности окраски на РНК препараты обрабатывали раствором кристаллической рибонуклеазы.

Материалы для исследования брали в Беломорском лесхозе Архангельской области в сосняке I класса возраста, произрастающем на заросшем лугу.

В женских генеративных почках в год их заложения уже к концу июля заметен зачаточный бугорок, окруженный толстой чешуйкой. На препаратах хорошо видны ядра, которые находятся в стадии активного митотического деления. В конце августа в процессе клеточной дифференциации ДНК сосредоточивается в наружных рядах клеток, РНК — в осевой части и почечных чешуйках. Одновременно с накоплением нуклеиновых кислот значительно увеличивается количество запасных питательных веществ: поли- и моносахаридов [4]. Повышается активность гидролитических ферментов, участвующих в углеводном обмене. В период зимнего покоя (в первой половине зимы) содержание РНК снижается, а количество ДНК изменяется мало [9].

Весной, в мае, ДНК сосредоточивается в основном в зачатках семенных чешуй, которые быстро увеличиваются в результате деления клеток (митозов) и достигают величины кроющих.

В конце мая — начале июня у основания семенных чешуй образуются семяпочки с хорошо заметным наружным слоем — интегументом и нуцеллусом (в центре), в которых начинает накапливаться ДНК. После окончания цветения и опыления чешуи молодых шишечек смыкаются. В июле — августе морфогенез в шишечках продолжается. Клетки осевой части разрушаются и заполняются питательными веществами и РНК. Клетки интегумента вытягиваются в длину и наполняются ДНК и другими метаболитами. Пыльцевые зерна, попавшие на поверхность семяпочки, прорастают, образуя пыльцевые трубки, проникающие в нуцеллус. К концу вегетационного периода семенные чешуи плотно смыкаются, и в дальнейшем семяпочка развивается внутри шишечки. ДНК в это время расположена по всей длине семенной чешуи и в семяпочке, несколько меньше ее в кроющей чешуе и

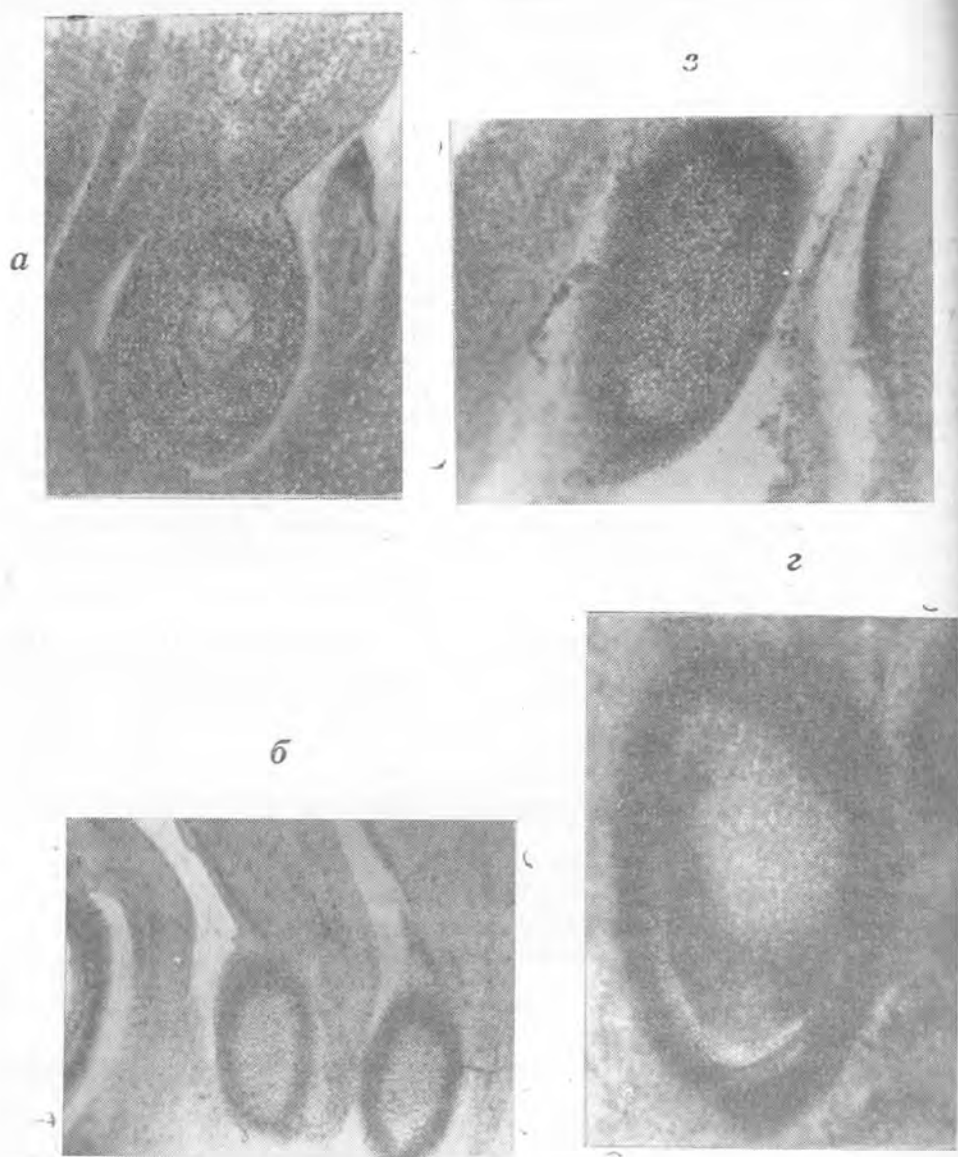


Рис. 1. Развитие семяпочки и локализация ДНК в макростробиле сосны по Фельгену.

*а* — семяпочки, семенная и кроющаяся чешуи (15.III-70 г.). Увелич.  $10 \times 4,2$  раза; *б* — семяпочки и семенные чешуи (18.V-70 г.). Увелич.  $10 \times 2,0$  раза; *в* — семяпочка (15.VI-70 г.). Увелич.  $10 \times 2,0$  раза; *г* — семяпочка в последней стадии эмбриогенеза (18.VII-70 г.). Увелич.  $10 \times 2,0$  раза.

нуцеллусе, часть клеток которого разрушается (рис. 1, *а*). РНК локализуется в эндосперме клеток семени и кроющихся чешуй, в осевой части шишечек. В таком состоянии шишечки вступают во вторую перезимовку. Гистохимические исследования также показали уменьшение содержания РНК и ДНК в первой половине зимы. Изменение в содержании РНК особенно хорошо заметно в люминесцентном микро-



скопе, где она флуоресцирует красным цветом. На препаратах из образцов, взятых 1.1-70 г., красный цвет, которым ранее светилась вся семенная чешуя, исчез почти совсем. В конце февраля красное свечение уже хорошо заметно по всей семенной чешуе и вокруг семяпочки. В самой семяпочке преобладает зеленое свечение, характерное для ДНК. В марте — апреле содержание РНК и ДНК возрастает и к моменту оплодотворения ДНК перемещается из семенной чешуи к семяпочке. В середине мая (рис. 1, б) семяпочка вместе с семенной чешуей вытягиваются в длину. ДНК сосредоточивается по внешнему интегументу, РНК — в центре семяпочки. В июне (рис. 1, в) семяпочка увеличивается в размере, ДНК из периферийных слоев клеток интегумента заполняет центральную часть семяпочки, образуя клетки первичного эндосперма. РНК располагается в цитоплазме этих клеток. В середине июля (рис. 1, г) ДНК по-прежнему много в клетках эндосперма, но часть клеток эндосперма деструктурируется. ДНК этих клеток используется клетками развивающегося зародыша. РНК локализуется в центре семяпочки и кольцом вокруг зародыша. В августе формирование зародыша продолжается. ДНК из клеток эндосперма переходит в центр семяпочки — зародыш. Кольцо клеток вокруг зародыша с преобладанием РНК увеличивается, образуя ткань эндосперма. Однако в наружных слоях клеток семяпочки все еще преобладает ДНК. В дальнейшем она расходуется на построение покровных тканей, но большая часть ее по-прежнему идет на формирование клеток зародыша. В сентябре эмбриогенез семяпочки заканчивается полным превращением их в зрелые семена, в которых ДНК локализуется в основном в ядрах клеток зародыша, РНК — в цитоплазме клеток эндосперма.

Мужская генеративная почка сосны отличается от женской не только морфологически, но и по времени генерации (два вегетационных периода). Зачатки микростробилов можно наблюдать в начале июля. Они имеют овальную форму и находятся в почках нижней части кроны. Их клетки представляют обыкновенную меристему без видимых признаков дифференциации. В конце июля появляется эпидермальный слой клеток, зачатки микроспорофиллов, а по оси зачатка появляются проводящие пучки. В первой половине августа полностью обособляются микроспорофиллы, которые окружены одним слоем клеток эпидермиса и подстилающим их слоем — тапетумом. Клетки тапетума богаты РНК и играют впоследствии важную роль при формировании пыльцевых зерен. В центре микроспорофиллов образуются спорогенные клетки археспория, а из них затем путем митозов — клетки материнской пыльцы. Эти клетки с преобладанием ДНК отличаются тем, что их крупные ядра не разделены оболочками, а находятся в общей цитоплазме для всего зародышевого мешка. На этой стадии микроспорангии зимуют. Во второй половине зимы и весной дальнейший морфогенез и накопление нуклеиновых кислот в микроспорангиях происходит значительно быстрее, чем в женских почках. Уже к началу мая перед мейозом содержание РНК и ДНК достигает максимума. ДНК расположена в ядрах клеток материнской пыльцы. Этих клеток становится очень много, и они занимают почти всю полость пыльцевого мешка (рис. 2). РНК локализуется в покровных клетках пыльцевых мешков, в осевой части микроспорофиллов и в почечных чешуйках.

Мейоз в зависимости от погодных условий весны наступает в конце мая — начале июня. Материнская клетка пыльцы делится на четыре микроспоры (тетрады), которые затем превращаются в самостоятельные пыльцевые зерна. Созревание пыльцевого зерна заканчивается образованием внутренней оболочки — интины и внешней — экзины. Почти одновременно с этим ядро микроспоры делится на два: вегетативное и

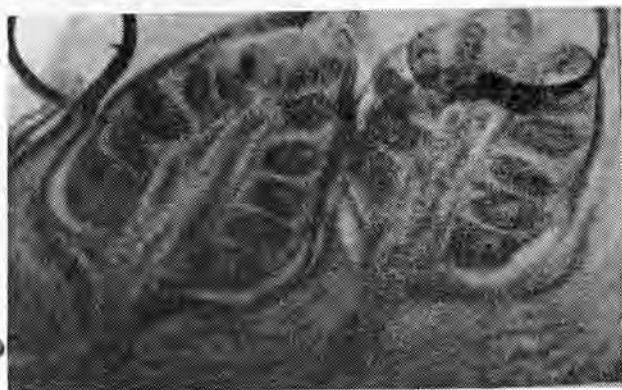


Рис. 2. Локализация ДНК в микростробиле сосны (микроспорофиллы, проводящие пучки, чешуйки). Фото 2.V-70 г., увелич.  $10 \times 2,0$  раза.

генеративное. Ядра хорошо видны под микроскопом при большом увеличении, причем ДНК больше в хроматине генеративного ядра, чем вегетативного. Вокруг ядер по всей площади микроспоры располагается РНК. На этом заканчивается этап спорогенеза в генеративном цикле мужских репродуктивных органов сосны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Е. И. Барская, Е. З. Окнина. Журн. «Физиология растений», т. 6, вып. 4, 1959. [2]. Ж. Браше. Локализация и вероятная роль нуклеиновых кислот в клетке и эмбрионе. ИЛ, М., 1950. [3]. Л. А. Генкель, Е. З. Окнина. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. Изд-во «Наука», 1964. [4]. Г. М. Козубов, Л. Г. Ганюшкина, А. М. Евдокимов. Сб. «Вопросы селекции, семеноводства и физиологии древесных пород Севера», Карельское книжное изд-во, 1967. [5]. В. Г. Кошарев. Цитохимия и гистохимия растений. Изд-во «Высшая школа», 1966. [6]. Т. П. Петровская. Доклады АН СССР, 99, № 3, 1954, 475. [7]. Н. А. Саратова. Сб. «Биология нуклеинового обмена у растений», 1959. [8]. П. Ф. Совершаев. Труды АЛТИ, вып. XX, 1968. [9]. П. Ф. Совершаев. Труды АЛТИ, вып. XXIX. 1971.

Поступила 28 февраля 1972 г.

УДК 634.0.812

### КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРБОРИЦИДНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СВЯЗИ С ВОЗМОЖНЫМ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, Г. Н. НЕКРАСОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Г. П. САННИКОВ

Северный НИИ гидротехники и мелиорации

Исследовано влияние обработки насаждений березы и осины почвенным арборицидом тордон 10К на качество древесины. Показано, что определяющим моментом при возможном использовании арборицидной древесины березы и осины спустя 15 месяцев после обработки является не снижение показателей механических свойств, а возникающие пороки — ненормальные окраски и, в меньшей степени, гнили.

Широкое и все увеличивающееся применение арборицидов ставит перед лесным и сельским хозяйством ряд проблем научного и практи-

ческого характера. К их числу относится вопрос о воздействии арборицидов на качество древесины. Практическая сторона его заключается в установлении оптимальных сроков машинной уборки отмирающих деревьев и кустарников, а также в нахождении возможных путей использования арборицидной древесины\*.

Вместе с тем, в лесном хозяйстве, наряду с традиционными, получают развитие совершенно новые аспекты применения химических средств. В частности, установлено, что базальная обработка деревьев лиственных пород некоторыми арборицидами облегчает их окорку; проводятся работы по так называемой «химической обрезке» лиственных пород. Не исключено, что в перспективе различные химические средства, включая арборициды, будут использоваться для модификации древесины на корню с целью получения благоприятных глубоких изменений в ее свойствах.

Перечисленные вопросы должны быть предметом широких специальных исследований. Как часть их, в настоящей статье с позиций биологического лесоведения излагается вопрос о влиянии обработки насаждений арборицидом тотального действия тордон 10К на качество древесины березы и осины.

Опыты проводили в насаждениях совхоза «Красная Балтика» (Ленинградская область). Состав древостоя 4Ол2Б2Ос1Чер1Ря6; возраст — 20—40 лет; средние диаметры и высоты березы и осины соответственно 14,3 и 17,1 см; 12,6 и 14,1 м; полнота — 0,9; запас — 90 м<sup>3</sup>/га. Почвы — слабоподзолистые суглинки.

Тордон 10К (калиевая соль 4-амино-3,5,6-трихлорпиколиновой кислоты) вносили на почву в дозах (по действующему началу) от 5 до 15 кг/га в мае и августе 1968 г. и в мае 1969 г. Таким образом, до момента рубки в августе 1969 г. прошло соответственно 15, 12 и 3 месяца.

Для определения качества древесины в каждом варианте опыта, включая контроль, срублено по 6 полностью отмерших деревьев осины и березы, из комлевых частей которых выпилены кряжи длиной 2,5 м. Кроме того, 6 деревьев максимальной давности обработки детально обследовали с целью выявления изменений в состоянии древесины по всей высоте ствола. Всего исследовано 54 дерева.

В лабораторных условиях было сделано макроскопическое описание опытных кряжей и выполнено микроскопирование образцов для установления возможной инфекции и разрушения волокон древесины. На следующем этапе исследований были определены физико-механические свойства древесины: плотность, предел прочности при сжатии вдоль волокон и при перерезании, твердость и удельная работа при ударном изгибе.

Всего испытано около 2000 образцов. Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики.

### *Макроскопическое состояние древесины*

Береза. У всех опытных кряжей 3-месячной давности обработки кора отмерла. Древесина приобрела устойчивый бурый цвет по всему сечению кряжа. Согласно исследованиям А. Т. Вакина [1], проведенным с заготовленной древесиной, такое состояние древесины представляет собой первую стадию прелости.

На кряжах 12-месячной давности обработки продолжает развиваться прелость древесины, появляются отдельные полосы и пятна темно-серой окраски, а также белые пятна твердой гнили.

Через два вегетационных периода после обработки (15-месячная давность опыта) деревья березы полностью засохли, кора отмерла по всему стволу. Под корой до высоты 0,6—0,7 м встречаются белые пленки грибицы. Луб мокрый и легко крошится. Развитие прелости на разной высоте от шейки корня проявляется следующим образом: 0,2 м — на общем фоне побуревшей древесины выделяются более интенсивно окрашенные буро-ржавые пятна, которые на продольных раз-

\* Под этим термином в статье понимается древесина насаждений, подвергшихся обработке арборицидами.

резах тянутся полосами вдоль волокон; 1,3 м — древесина бурого цвета, ржавых полос становится больше; 2,6 м — на фоне бурой древесины все большую площадь занимают пятна темной окраски; 3,9 м — в периферических слоях заболони появляются пятна твердой белой гнили; 5,0 м — белая гниль секторами продвигается к центру ствола; 6,2 м — белая гниль с черными линиями занимает весь торец. Таким образом, после отмирания деревьев, обработанных арборицидом, в стволах березы начинается разложение древесины. Интенсивность этого процесса нарастает по высоте ствола. За два вегетационных периода древесина комлевой части поражается до состояния, которое в заготовленной древесине называется подпаром [2]. Примерно на 4-метровой высоте в периферических слоях заболони появляется твердая белая гниль, которая с продвижением вверх по стволу занимает все большую площадь и переходит в мягкую. Судя по плодовым телам, одним из возбудителей гнили является настоящий трутовик — *Fomes fomentarius* (L.) Gill.

Описанная картина прелости характерна для берез небольшого диаметра. Древесина более толстых деревьев разлагается медленнее.

Из-за высокой влажности отмирающей арборицидной древесины березы (как и осины) их энтомофауна довольно бедна. Наиболее часто встречается березовый заболонник — *Scolytus ratzeburgi* Jans.

**О с и н а.** Состояние древесины 3-месячной давности обработки неодинаково. Три дерева из шести оказались неповрежденными. Они имели живую кору и древесину без признаков прелости. У остальных деревьев кора отмерла и в заболони появились мелкие и более крупные пятна синевы. Наружные годовые слои заболони (2—3 слоя) окрасились в бурый цвет.

У всех деревьев с давностью воздействия 12 месяцев кора отмерла. Заболонь посинела. В отдельных случаях в ее периферических слоях появились участки твердой белой гнили.

Через 15 месяцев деревья полностью отмерли. Кора по всему стволу мертвая, легко отстает и отваливается. В нижней части ствола под корой встречаются ризоморфы опенка. Наблюдается такая картина разложения древесины: на высоте ствола 0,2 м периферические слои заболони имеют неяркую фиолетово-коричневую окраску; 1,3 м — в наружных слоях заболони интенсивная синева, заметна фиолетово-коричневая кайма; 2,6 м — синева занимает больше половины заболони; 3,9 м — почти вся заболонь посинела; 5,5 м — синевой поражена вся заболонь; 7,5 м — в периферических слоях заболони среди синевы заметны участки белой гнили в начальной стадии.

В отличие от березовой, на осиновой древесине сильно развивается синева, без предварительного побурения. Поражение древесины грибами, так же, как и у березы, увеличивается с продвижением вверх по стволу. Участки твердой гнили в наружных слоях заболони появляются примерно на середине ствола и увеличиваются затем в верхней его половине. В целом осиновая арборицидная древесина, судя по макроскопическим признакам, разрушается значительно медленнее, чем березовая.

#### Микроскопические признаки опытной древесины

**Береза.** Микроскопический анализ подтвердил данные макроскопического исследования древесины. В древесине темно-серой окраски разной давности обработки отмечено присутствие большого количества грибов синевы. Местами они пронизывают стенки сосудов и волокон.

В светлых местах гнилостного на вид характера обнаружены грибные гифы и вызванное ими разрушение стенок волокон и сосудов. В наружных буроокрашенных слоях заболони изменение окраски вызвано, по-видимому, биохимическими причинами; признаки разрушения древесины грибами здесь не отмечены.

О с и н а. В древесине темно-серой окраски при микроскопировании обнаружены гифы, характерные для грибов синевы, которые заполняют клетки сердцевинных лучей и проходят также по сосудам и волокнам. Однако разрушений элементов древесины здесь не наблюдалось.

Древесина светлой окраски с заметной на глаз деструкцией поражена дереворазрушающими грибами, о чем свидетельствует наличие пряжек и буравящих гиф. В древесине хорошо видны разрушения клеточных стенок.

Бурая окраска прикоревых слоев заболони у осины, судя по анатомическому анализу, вызвана, очевидно, быстрым отмиранием клеток и биохимическими изменениями их веществ.

Быстрым отмиранием клеток древесины в результате обработки гербицидом можно, очевидно, объяснить и отсутствие тилл, обычно возникающих у осины при медленном отмирании клеток и ядрообразовании.

### Физико-механические свойства арборицидной древесины

Результаты определения показателей физико-механических свойств опытной древесины в зависимости от давности обработки насаждения арборицидом представлены на рис. 1. Анализ этих данных позволил сделать следующее заключение.

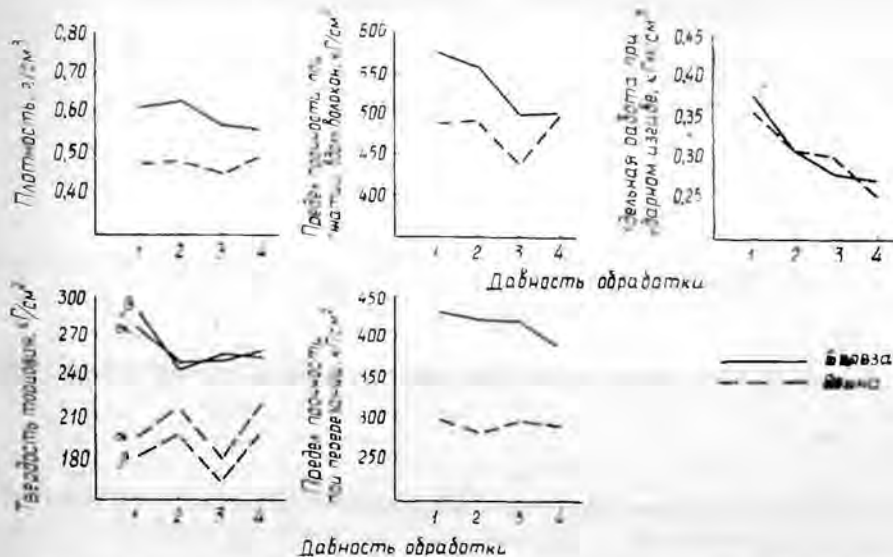


Рис. 1. Изменение показателей физико-механических свойств арборицидной древесины при давности обработки; 1 — контроль; 2 — 3 месяца; 3 — 12 месяцев; 4 — 15 месяцев.

Б е р е з а. Показатели плотности древесины кражей, контрольных и взятых с деревьев при наименьшей (3-месячной) давности обработки, оказались довольно близкими, что позволяет говорить об отсутствии влияния гербицидной обработки такой давности на плотность дре-

вестины березы. При большей давности обработки плотность опытных деревьев закономерно снижается.

Разница между плотностью кражей, опытных и взятых из деревьев при 15-месячной давности опыта, статистически достоверна, но не выходит за пределы тех 10%, которые считаются существенными при практическом использовании древесных материалов.

Все показатели механических свойств опытной древесины по сравнению с контрольной оказались ниже. При максимальной (15-месячной) давности обработки это снижение выражается следующими цифрами: предел прочности при сжатии — 13%; удельная работа при ударном изгибе — 29%; твердость комлевого торца  $\alpha$  — 7%; твердость вершинного торца  $\beta$  — 11%; предел прочности при перерезании — 10%.

Указанные различия статистически достоверны, за исключением твердости  $\alpha$ . Как и следовало ожидать, наиболее значительно уменьшилась вязкость древесины. Обращает на себя внимание большее снижение твердости вершинного торца  $\beta$ , чем комлевого  $\alpha$ , что соответствует уже отмеченным закономерностям разложения опытной березовой древесины.

О с и н а. В процессе биологического разрушения осина, как правило, оказывается более стойкой, чем береза. Эта закономерность подтверждается и нашими данными: все показатели механических свойств опытной древесины, за исключением удельной работы при ударном изгибе (снизившейся на 17—30%), в небольшой степени отличаются от аналогичных контрольных данных.

Видимые на графиках незакономерные подъемы и опускания показателей свойств опытной древесины объясняются, в первую очередь, исходной неоднородностью опытного материала.

Определяющим моментом при возможном использовании арборицидной древесины березы и осины является не снижение показателей механических свойств, а возникающие пороки — ненормальные окраски и, в меньшей степени, плесни. Поэтому заслуживает внимания изучение и химических свойств арборицидной древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. Т. Вакин. Хранение круглого леса. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1964. [2] А. Т. Вакин, О. И. Полубояринов, В. А. Соловьев. Альбом пороков древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1969.

Поступила 10 марта 1971 г.

УДК 595.70

### МИКОЗ ВОСТОЧНОГО МАЙСКОГО ХРУЩА, ВЫЗЫВАЕМЫЙ *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko

Г. Г. ЭРСКАЯ

Марийский политехнический институт

Изучена восприимчивость к микозу различных стадий восточного майского хруща. Установлена гибель вредителя во всех стадиях, наибольшая — в стадии личинки IIIа возраста и куколки. Жуки менее подвержены микозу, чем личинки: самки менее, чем самцы. Самки, обработанные биопрепаратом, откладывают яйца в незначительном количестве.

Микозы насекомых издавна привлекали внимание исследователей. Грибы значительно снижают численность вредной энтомофауны, сохраняют долгие годы вирулентность и не нарушают лесного биоценоза, создавая долговременные очаги инфекции в резервации вредителей.

В лесопатологической литературе [1]—[5] есть значительное количество публикаций по микозу майского хруща, но в большинстве их речь идет только о западном хруще. Поэтому мы провели специальные опыты по изучению инфицированного микоза восточного хруща, более распространенного в наших лесах.

Для выяснения возможности применения *B. tenella* против восточного майского хруща мы поставили опыты по инфицированию различных стадий вредителя: яйца, личинки II, III и IIIa возрастов, куколки, имаго.

Опыты с яйцами хруща. Яйца восточного майского хруща на 10—12-й день эмбрионального развития помещали в суспензию спор гриба с титром 15 млрд. Экспозиция 30 сек. Затем обработанные яйца раскладывали в увлажненную стерильную почву в чашки Петри. В контроле яйца обрабатывали водой. В опыте и контроле использовано по 25 яиц. Температура в период опыта колебалась в пределах 22—25°C. На 18-й день после инфицирования 4 яйца были поражены микозом, 8 оказались без эмбриона, из 13 вылупились личинки. На 7-й день после вылупления погибла от микоза 8 личинок (61,5%), на 21-й день погибли остальные 5 личинок (38,4%). В контроле не наблюдалась гибель яиц от гриба, 7 яиц оказались без эмбриона, одно яйцо повреждено при обследовании. На 21-й день вылупления погибла 1 личинка (5,8%).

Опыты с личинками и куколками хруща. 20 мая 1966 г. были поставлены опыты по инфицированию личинок восточного майского хруща II и III возрастов спорами гриба в природных условиях в ямах размером 1×1×0,6 м, огороженных мелкоячеистой металлической сеткой. Биопрепарат (споры со средой в высушенном виде) вносили в верхний горизонт почвы из расчета 5 кг/га и заделывали на глубину 10—15 см. Титр биопрепарата 15 млрд. В каждую яму подсаживали 2—3 сосны трех- и четырехлетнего возраста для питания личинок и помещали по 12—13 личинок II и III возраста. В каждом варианте опыта и в контроле использовали по 50 личинок хруща. Динамика гибели личинок во время опыта показана на рис. 1.

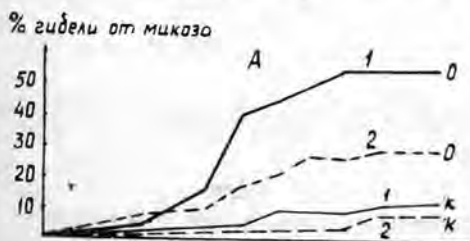


Рис. 1. А, Гибель личинок.

1 — III возраста; 2 — II возраста;  
о — опыт; к — контроль.

Б — Метеорологические условия в период проведения опыта.

1 — относительная влажность воздуха;  
2 — среднесуточная температура;  
на диаграмме — осадки.



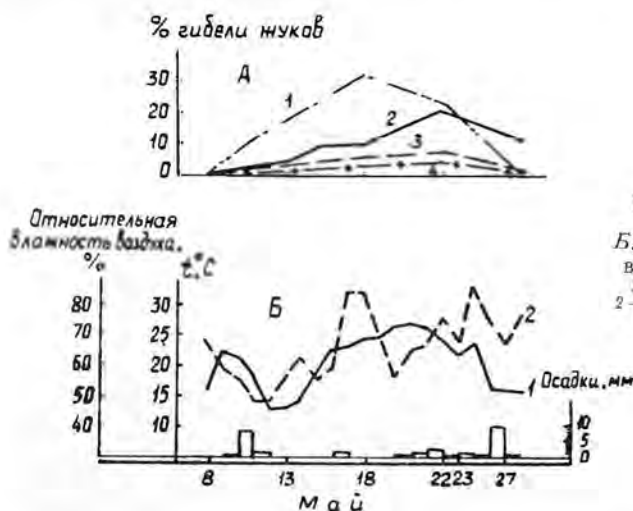


Рис. 2. А. Гибель личинок. 1—4 — варианты опыта. Б. Метеорологические условия в период проведения опыта. 1 — среднесуточная температура; 2 — относительная влажность воздуха; на диаграмме — осадки.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы. Личинки III возраста более восприимчивы к грибной инфекции, чем личинки I возраста: гибель составила соответственно 55 и 28%.

Подобные опыты поставлены 15 июля 1966 г. с личинками IIIa возраста и куколками. Количество насекомых в контрольной и опытной группах следующее: личинки IIIa возраста — 30, куколки — 50. Через месяц гибель обеих стадий вредителя составила в опыте 100%; в контроле: личинки IIIa возраста — 5,6%, куколки (к моменту наблюдения жуки) — 8,33%.

Высокая гибель вредителя в стадии куколки и личинки IIIa возраста объясняется ослаблением организма в период метаморфоза и слабой защитной функцией гемолимфы в этот период.

Опыты с жуками. Опыты по применению гриба против жуков восточного майского хруща проведены 8—28 мая 1967 г. В садки размером  $1 \times 1 \times 1,5$  м без дна ставили свеженарезанные ветки березы бородавчатой в первые дни опыта (8—20 мая) и осины в последнюю неделю (20—28 мая), на которые помещали жуков, обработанных спора-

Таблица 1

Варианты опыта	Количество особей хруща		Процент гибели			Количество отложенных яиц, приходящееся на самку
	жен.	муж.	жен.	муж.	общий	
1 — опрыскивание 1%-ной суспензией ГХЦГ с биопрепаратом	200	200	29	44	73	3,25
2 — опрыскивание суспензий биопрепарата	200	200	19	25,5	44,5	5,00
3 — опрыскивание 1%-ной суспензией ГХЦГ	50	50	4	2	6	14,3
4 — контроль (опрыскивание водой)	150	150	2	4	6	12,67



ми гриба. Динамика гибели жуков во время опыта показана на рис. 2. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таким образом, все стадии хруща подвержены микозу. Наибольшая гибель вредителя наблюдалась в стадии куколки и личинки IIIа возраста.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. С. Аверкиев. Основные проблемы и задачи микробиологической борьбы с майскими хрущами. Журн. «Микробиология», т. 34, вып. 2, 1965. [2]. С. И. Ванин. Лесная фитопатология. Гослесбуиздат, М.—Л., 1955. [3]. В. М. Шарапов. Нормальная и патогенная микрофлора восточного майского хруща. Исследования по биологическому методу борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, Новосибирск, 1964. [4]. Н. Влукск. Natürliche Feinde und biologische Bekämpfung der Maikäferengerlinge. Z. f. Pflanzkr., B., 49, H. 5, 1939, 338—389. [5]. P. Ferron. Etude en laboratoire de facteurs determinant la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko chez les larves de *Melolontha melolontha* L. Ann. Soc. ent. Fr., N. S., 1 (3) 1965. [6]. P. Ferron. Sur les possibilités de lutte microbiologique contre les larves du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) au moyen de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Inter. col. an insect pathology and microbial control. Wageninthen the Netherlands, September, 1966. [7]. P. Ferron. Etude en laboratoire des conditions ecologiques favorisant le développement de la mycose à *Beauveria tenella* du ver blanc. Entomophaga, 12, 1967. [8]. P. Ferron. Les Possibilités de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* L. au moyen de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Insect pathology et microbial control-North-Holland, Amsterdam, 1968. [9]. P. Ferron. Essais préliminaires de lutte contre les larves du hanneton commun *Melolontha melolontha* L., a l'aide de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Phytiatr-phytophomal, 16, № 2, 1968. [10]. Hornbostel. Kann *Beauveria densa* Link. auch die Eier der Maikäfers befallen? Z. f. Pflanzkr., B. 49, H. 3, 1939. [11]. B. Hürpin, P. Ferron. Essais parcellaires de lutte contre les larves de *Melolontha melolontha* L. par la mycose à *Beauveria tenella*. Rev. de Path. et Ent. agr. de France, 43 (4), 1964. [12]. J. Karpinski. Proby walzki z chrobaszczem (*Melolontha* sp.) za pomocz grzyba (*Beauveria densa* Pic.). Roczn. Nauk, 41, 1937. [13]. J. Karpinski. Zagadnienie waki z chrobaszczem za pomoca grzyba *Beauveria densa* Pic. Ann. Univ. M. Kurie-Sklodowska Sect. Lublin-Polonia, 5, 1950. [14]. B. Schaerffenberg. Die Möglichkeiten einer Maikäferbekämpfung mit Hilfe von Mykosen. *Beauveria densa* Link. einer Hauptparasit von *Melolontha* sp. Anz. Schädlingkunde, 25(2), Berlin—Hamburg, 1952. [15]. B. Schaerffenberg. Können Pilzepidemien bei Insekten künstlich hervorgerufen werden? Z. f. angewandt. Ent., V. 58, H. 4, 1966.

Поступила 29 июня 1971 г.

УДК 634.0.561:58.056

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА (*Larix Sukaczewii* Dylis.) В СТЕПНОМ ЗАУРАЛЬЕ

П. Г. ПУГАЧЕВ

Кустанайский педагогический институт

Рассматривается влияние климатических факторов на динамику хода роста в высоту и по диаметру лиственницы сухих и достаточно увлажненных местообитаний реликтового островка березово-лиственничных насаждений. Выявлено влияние на прирост деревьев контрастных местообитаний общего лимитирующего фактора — дефицита осадков в период вегетации. Отмечен крайне узкий эдафический ареал лиственницы.

В литературе очень мало сведений о росте лиственницы Сукачева [2], [3]. Наши исследования охватывают район крайнего юго-восточного предела распространения лиственницы Сукачева в Южном Зауралье. Ход роста лиственницы изучали в междуречье Джарлы и Бирсуата, представленном возвышенной (300—400 м над уровнем моря) и

всхолмленной равниной с ландшафтом каменистых степей и парковых березовых рощ.

Исследования проводили в 1969—1971 гг. в Джетыгаринском лесничестве Кустанайской области. Лиственница встречается здесь небольшими группами и одиночными экземплярами в сообществах с березой бородавчатой. Древостой ее, сведенный в прошлом рубками, занимает площадь до 2 га. В районе исследования лиственница не достигает размеров крупного дерева. В наибольшем для нее 46-летнем возрасте деревья обычно не превышают 12-метровой высоты и 30 см по диаметру.

В этом островке смешанного березово-лиственничного насаждения в полустационарных условиях были заложены две пробные площади в наиболее характерных для лиственницы ассоциациях березняков: вейниковом и разнотравном. Отличительная особенность этих ассоциаций — довольно хорошо выраженная зависимость роста древостоя от влажности и сухости почв.

В табл. 1 приведены средние таксационные показатели древостоев пробных площадей.

Таблица 1

Показатели	Пробные площади	
	№ 1	№ 2
Местоположение	Юго-западный склон крутизной 8°	Лощина
Ассоциация	Березняк с листвягой вейниковый	Березняк с листвягой разнотравный
Состав	ЗЛ7Б, ед. С	2Л8Б, ед. Ос
Класс бонитета	III	III
Сомкнутость крон	0,7	0,8
Средний возраст, лет	40	40
Средний диаметр, см	22	30
Средняя высота, м	8	10
Запас, м <sup>3</sup>	76	105
Почвы	Мелкоскелетные черноземовидные, сухие	Серые лесные, влажные

На каждой из пробных площадей было срублено по три модельных дерева. Согласно Г. Е. Кожину [1], для изучения ширины годичных колец образцы древеины брали на 0,5 м высоты ствола лиственницы. Ширину годичных колец измеряли по методике В. Е. Рудакова [5], [6] бинокулярным микроскопом МБС-2 с точностью 0,05 мм. Данные по двум радиусам объединяли, и полученную величину принимали за прирост по диаметру. Средний периодический прирост получали как средний взвешенный за 21 год.

Для лиственницы района исследования характерен небольшой прирост как в высоту, так и по диаметру. К тому же обнаруживается прямая связь между величиной годичного прироста и условиями среды. В связи с этим величина годичного прироста деревьев, произрастающих на почвах с различной влагообеспеченностью, сильно варьирует. Так, годичный прирост в высоту на сухих местообитаниях в среднем составляет 5—7 см, а на влажных — до 10—12 см. Ширина годичных колец колеблется от 2,0 до 3,0 мм, при максимуме 4,0—4,9 мм.

Анализ полученных данных показывает, что в вегетационный период прирост в высоту у лиственницы начинается со второй декады мая, а заканчивается в конце августа — начале сентября. Прирост по диаметру начинается в конце третьей декады апреля, достигает максимума в июне и к началу июля снижается до минимума. После этого спада камбиальной активности, связанного с формированием поздней древесины, рост по диаметру продолжается до начала сентября. Таким образом, рост в высоту у лиственницы длится 120—125 дней, а по диаметру — до 125—130 дней и более.

Считают, что индексы ширины годовых колец деревьев, произрастающих в засушливых областях, хорошо согласуются с климатическими данными, если учитывать температуру и осадки и допускать сезонные различия влияния климата ([8], [4] и др.).

В изученном районе основной фактор, ограничивающий прирост лиственницы в период вегетации, — неблагоприятный водный режим. Косвенное влияние на прирост оказывает и температура. Сопряженное воздействие этих основных климатических факторов на прирост лиственницы наиболее выражено на местообитаниях с различной влагообеспеченностью почвогрунтов. В этой связи в годы одновременного повышения температуры и осадков увеличивается прирост на влажных местообитаниях. И, наоборот, когда температуры сильно снижены и осадки оптимальны, прирост повышается на сухих местообитаниях. Однако в целом (за исключением отдельных лет) обнаруживается общая цикличность роста лиственницы и аналогичные колебания ширины годовых колец, хотя и в неодинаковой степени выраженные по ассоциациям (рис. 1).

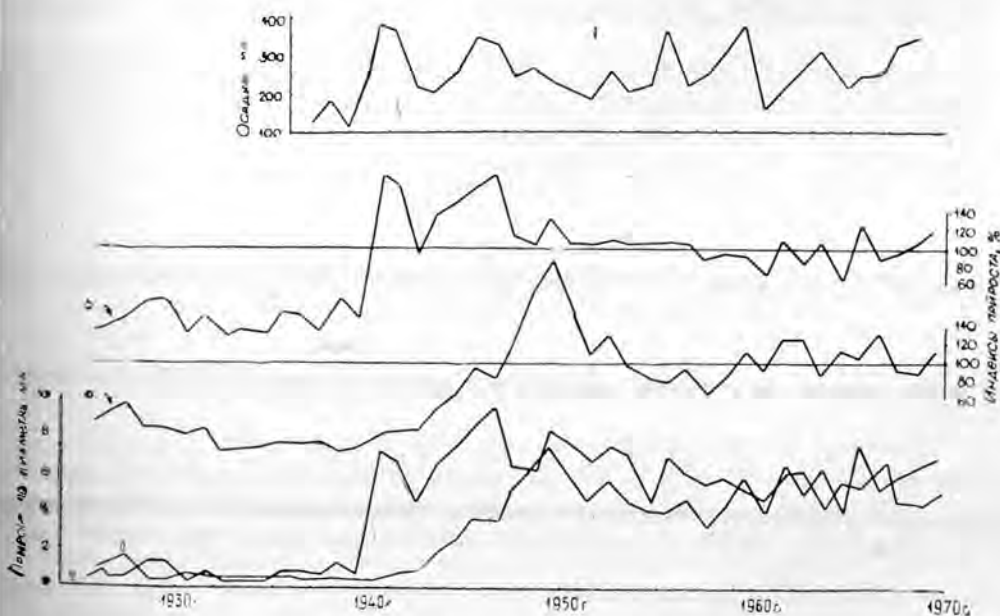


Рис. 1. Ход среднегодовых осадков в Джетыгаре (I) и кривые роста по диаметру двух лиственниц, выросших в условиях сухих (II) и влажных (III) местообитаний. Индексы прироста лиственницы: а — сухих; б — влажных местообитаний.

Как видно из рисунка, наиболее узкие годовичные кольца отмечаются в годы 1926, 1929, 1930, 1932—1936, 1939, 1943; 1948; 1952; 1955;

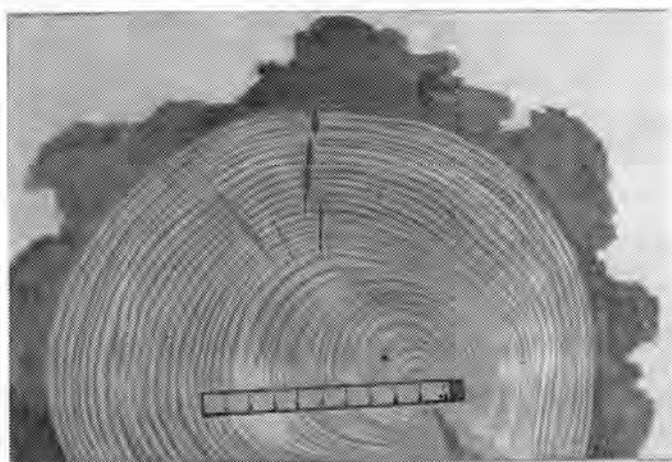


Рис. 2. Эксцентрические годовичные кольца у 46-летней лиственницы, возникшие в раннем возрасте под воздействием сильных ветров.

1957, 1963. Годы с максимальным приростом вырисовываются менее четко, однако среди них 1941, 1946, 1950, 1953, 1956, 1958, 1960, 1962 и ряд других характеризуются ясно выраженной тенденцией повышенного прироста. Следовательно, узкие годовичные кольца образовались в засушливые годы, а широкие — в годы с оптимальными осадками.

Из сопоставления кривых годовичного прироста лиственницы с данными метеорологических наблюдений в г. Джетыгаре (к сожалению, кратковременного ряда) можно видеть прямую зависимость первого показателя от среднегодового количества атмосферных осадков и в меньшей степени от температуры. Эти данные также свидетельствуют, что на ширину годовичных колец лиственницы непосредственно могут влиять осадки настоящего и предыдущего года. На подобное изменение ширины годовичных колец, связанное с погодными особенностями вегетационного периода деревьев, указывают другие авторы [7], [10] — [12].

Наряду с этим установлено, что прирост лиственницы возрастает только в годы повышенных осадков в период с октября по апрель. При этом ширина годовичных колец определяется в основном режимом увлажнения в июне — августе. Осадки с апреля по май не влияют существенно на прирост, поскольку для этих месяцев характерны ранневесенние засухи.

Непосредственное влияние температуры на ширину годовичных колец отмечается преимущественно в засушливые годы. В период засух высокие температуры июля, достигающие в отдельные дни 41—43°C, могут полностью нивелировать влияние на ширину годовичных колец июльского максимума осадков. Падение темпов прироста в мае может также зависеть от суховеев, сопровождающихся в районе исследования пыльными бурями и сильными ветрами преимущественно юго-западного направления и нередко вызывающих аномалию в ширине годовичных колец с наветренной стороны ствола у молодого поколения лиственницы. В результате неодинаковой камбиальной активности по окружности ствола формируются эксцентрические годовичные кольца (рис. 2). В последующей жизни дерева, при наступлении благоприятных условий роста, ширина годовичных колец по всей окружности ствола постепенно выравни-

вается. Как было отмечено С. Г. Шиятовым [9], на границе лесной зоны действие сильных ветров вызывает даже выпадение годичных колец у лиственницы сибирской.

Таким образом, в районе исследования для лиственницы Сукачева характерен крайне узкий эдафический ареал. В различных ассоциациях рост ее обуславливается комплексом факторов среды; доминирующее влияние на величину и интенсивность прироста оказывает водный режим, непосредственно определяющий также особенности почвенно-грунтовых условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Е. Комин. К методике дендроклиматических исследований. Лесообразовательные процессы на Урале. Труды Института экологии растений и животных УФАИ СССР, вып. 67, Свердловск, 1970. [2]. Л. А. Лебедеенко. Некоторые цитологические особенности камбия лиственницы Сукачева (*Larix Sukaczewii* Dylis.) как показатель энергии роста. Сб. «Проблемы ботаники», т. 11, изд-во «Наука», Л., 1969. [3]. Л. А. Лебедеенко. Деятельность камбия лиственницы в связи с фенотипом. Сб. «Лесная генетика, селекция и семеноводство», № 1, изд-во «Карелия», Петрозаводск, 1970. [4]. А. А. Молчанов. Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности. Сб. «Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев», изд-во «Наука», М., 1970. [5]. В. Е. Рудаков. О методе изучения выявления влияния метеорологических факторов на прирост деревьев. Сб. «Доклады по метеорологии и климатологии», изд. Всесоюзного географического общества, вып. 2, Л., 1966. [6]. В. Е. Рудаков. К вопросу о методе изучения влияния метеорологических факторов на годичный текущий прирост дерева по диаметру. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1969. [7]. Л. Н. Тагунова, Е. С. Трошкина, В. И. Турманина. Изменения прироста и возобновления деревьев на пределе развития лесов в Центральном Кавказе и Северном Приобье. Сб. «Продуктивность биогеоценозов Субарктики», изд. УФАИ СССР, Свердловск, 1970. [8]. Х. Фритс. Дендрохронология. Четвертичный период в США, т. 1, изд-во «Мир», М., 1968. [9]. С. Г. Шиятов. О некоторых особенностях роста древесных растений на верхнем и полярном пределах лесов. Сб. «Вопросы древесного прироста в лесостроительстве», изд. Литовской сельскохозяйственной академии, Каунас, 1967. [10]. Н. С. Fritts, D. G. Smith, M. A. Stokes. The biological model for paleoclimatic interpretation of Mesa Verde tree-ring series. Amer. Arch. Mem., 1964. [11]. Н. С. Fritts. Tree-ring analysis a tool for water resources research. «Trans. Amer. Geophys. Union», 50, № 1, 1969. [12]. J. Hustich. Correlation of tree-ring chronologies of Alaska, Labrador and Northern Europe. «Acta Geographica», v. 15, № 3, Helsinki, 1956.

Поступила 18 октября 1971 г.

УДК 581.135

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В. Д. РОЩИНА

Воронежский лесотехнический институт

Приводятся предварительные данные изучения состава растительных выделений с помощью газовой хроматографии. Рассмотрены компоненты транспирационной воды клена ясенелистного и дуба летнего.

В настоящем сообщении мы приводим некоторые предварительные данные, полученные при попытке использовать хроматограф УХ-2 для изучения состава транспирационной воды древесных растений. В ряде работ [1] — [3] показано, что в составе транспирационной воды древесных растений можно обнаружить неорганические и некоторые органические соединения, среди последних выявлены аминокислоты и сахара. Мы полагаем, что применение газовой хроматографии позволит обнаружить в составе транспирационной воды новые метаболиты растений.

В мае — июне 1969 г. с деревьев *Acer negundo* L. и *Quercus robur* L., произрастающих в дендропарке Воронежского лесотехнического института, улавливали транспирационную воду. Для этого промытые дистиллированной водой и тщательно высушенные колбы объемом 5 л надевали на побеги так, чтобы ветви не касались стенок. За 2—3 часа в колбе конденсировалось около 5 мл транспирационной воды. Химический состав изучали методом газо-жидкостной хроматографии с применением детектора по теплопроводности.

При выборе режима работы мы учитывали, что анализ транспирационной воды относится к числу таких, которые позволяют определять весьма малые примеси, причем большое значение имеет основной компонент смеси. Мы в своих опытах отказались от предварительного использования ловушек воды, чтобы избежать заметных изменений свойств компонентов, присутствующих в следовых количествах. Для анализа была применена неподвижная фаза — полиэтиленгликоль (молекулярный вес 1000), которую в количестве 10% наносили на диатомитовый кирпич с зернением 0,25—0,5 мм. Указанным составом заполняли колонку из нержавеющей стали длиной 4 м и внутренним диаметром 4 мм. Температура термостатирования 105°C, газ-носитель — гелий.

При хроматографическом анализе транспирационной воды выяснилось, что основной компонент смеси — вода дает асимметрический пик с преимущественным размытием тыла. Ранее воды выходят органические соединения, часть которых нам удалось идентифицировать. На рис. 1 и 2 приведены хроматограммы транспирационной воды клена ясенелистного и дуба летнего. На хроматограммах видно по 8 пиков, соответствующих определенным веществам. Пики идентифицировали, сравнивая время удерживания исследуемых веществ с экспериментально определенным временем удерживания индивидуальных веществ.

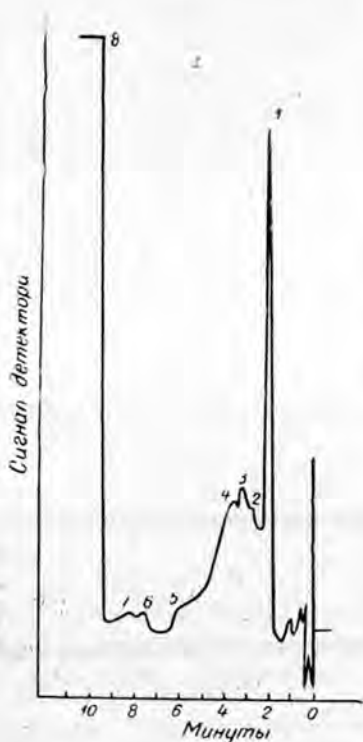


Рис. 1. Хроматограмма транспирационной воды клена ясенелистного.

1 — воздух; 2 — бутиден; 3 — ацетальдегид; 4 — пропионовый альдегид; 5 — метанол; 6 — этанол; 7 — пропанол; 8 — фронт воды.

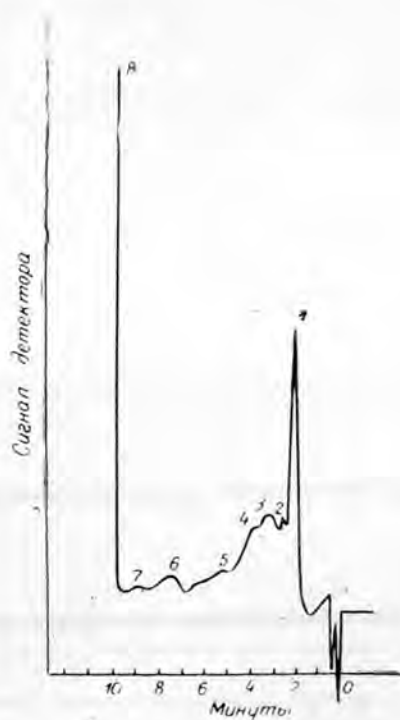


Рис. 2. Хроматограмма транспирационной воды дуба летнего. Обозначения те же

Анализ хроматограмм показывает, что в составе транспирационной воды двух пород имеются общие компоненты: бутилен, ацетальдегид, пропионовый альдегид, метанол, этанол и пропанол. Состав транспирационной воды разных древесных пород может иметь некоторые индивидуальные отличия [4].

Обнаруженные нами в транспирационной воде соединения, по-видимому, составляют лишь небольшую часть метаболитов растения, способных выделяться одновременно с водой. Применение новых вариантов газовой хроматографии позволит, вероятно, выявить эти вещества.

Анализ литературных источников и небольшой опыт собственных исследований убеждает нас в перспективности использования газовой хроматографии для изучения состава растительных выделений и, несомненно, будет способствовать решению многих вопросов, связанных с биохимическими взаимодействиями растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Губарева. Взаимосвязь круговорота воды с ее химическим составом, корневыми, листовыми выделениями и ростом дуба. Сообщения лаборатории лесоводства. Изд-во АН СССР, М., 1962. [2]. Ю. Е. Новичка я. О выделения химических веществ листьями древесных растений. Сб. «Физиолого-биохимические основы взаимного влияния растений в фитоценозе», изд-во «Наука», М., 1966. [3]. Ю. Е. Новичка я. Транспирация растений — сложнейший физиолого-биохимический процесс. Сб. «Вопросы селекции, семеноводства и физиологии древесных пород Севера», Карельское книжное изд-во, Петрозаводск, 1967. [4]. В. Д. Рощина. Журн. «Физиология растений», т. 18, вып. 2, 1971, 433—435.

Поступила 17 февраля 1971 г.

УДК 634.0.561:551.515

## О ВЛИЯНИИ ПОГОДЫ НА ПРИРОСТ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ

П. И. ВОЙЧАЛЬ, В. В. СЫЧЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В статье рассматриваются вопросы роста географических культур сосны в течение 1967—1970 гг. Приведены данные о температуре и осадках в этот период. Показано, что культуры в Архангельской области растут по-разному в зависимости от происхождения и погодных условий.

Известно, что величина прироста культур зависит от происхождения семенного материала, а также от состояния погоды. В связи с этим представляло интерес проследить, как в течение соседних лет с различными погодными условиями меняются приросты в географических культурах.

С этой целью мы исследовали географические культуры сосны, заложенные посевом в 1963 г. в Емцовском учебно-опытном лесхозе Архангельского лесотехнического института (П. И. Войчаль и В. Я. Попов). В июне 1971 г. произведен сплошной учет всех деревьев, измерены их высоты и приросты по высоте за 1968, 1969 и 1970 гг. При сопоставлении данных о росте культур мы учитывали средние месячные температуры и осадки за эти же годы по материалам Емцовской метеорологической станции (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что метеорологические условия этих четырех лет значительно различаются: 1967 г. можно назвать теплым и влажным,

Таблица 1

Метеоданные	Месяц	Данные по годам			
		1967	1968	1969	1970
Температура воздуха, °С	V	7,2	5,4	2,7	6,2
	VI	11,8	13,5	9,0	13,6
	VII	15,0	11,5	14,1	17,2
	VIII	16,6	13,0	13,3	13,0
Сумма температур за 4 месяца		1556,8	1331,9	1203,1	1536,4
Осадки, мм	V	82,9	96,6	73,5	56,0
	VI	114,2	48,4	28,3	65,0
	VII	18,6	92,1	41,9	97,9
	VIII	93,1	60,8	40,7	96,0
Сумма осадков за 4 месяца		308,8	297,9	184,4	314,9

Таблица 2

Инвентарный номер культур	Происхождение семян	Показатели	Текущие приросты по годам			Число деревьев на 1 га
			1968	1969	1970	
1	Мурманская область	<i>M</i> , см	11,1	9,5	9,0	9625
		<i>t</i> , см	0,18	0,14	0,14	
		<i>v</i> , %	30,8	28,1	29,5	
		<i>P</i> , %	1,6	1,4	1,5	
		<i>n</i> , шт.	384	384	384	
3	Архангельская область	<i>M</i> , см	14,7	11,4	9,5	5150
		<i>t</i> , см	0,28	0,26	0,18	
		<i>v</i> , %	31,4	37,3	30,8	
		<i>P</i> , %	1,9	2,3	1,9	
		<i>n</i> , шт.	268	268	268	
8	Карельская АССР	<i>M</i> , см	13,8	13,4	10,3	5350
		<i>t</i> , см	0,32	0,18	0,21	
		<i>v</i> , %	34,5	20,0	30,2	
		<i>P</i> , %	2,4	1,4	2,1	
		<i>n</i> , шт.	214	214	214	
9	Вологодская область	<i>M</i> , см	15,2	11,0	9,3	1500
		<i>t</i> , см	0,70	1,42	0,61	
		<i>v</i> , %	35,3	91,8	50,5	
		<i>P</i> , %	4,6	11,9	6,5	
		<i>n</i> , шт.	60	60	60	
13	Свердловская область	<i>M</i> , см	12,7	9,4	8,2	2300
		<i>t</i> , см	0,30	0,23	0,26	
		<i>v</i> , %	22,5	23,8	30,0	
		<i>P</i> , %	2,3	2,5	3,1	
		<i>n</i> , шт.	92	92	92	

1968 — холодным и влажным, 1969 — холодным и сухим, 1970 — теплым и влажным.



В табл. 2 даны соответствующие средние величины текущих приростов в высоту по годам для культур, сохранившихся в достаточной степени и обещающих в будущем сформироваться в древостой.

Сопоставляя данные таблиц, можно оделать следующие выводы.

1. Во всех исследованных культурах наблюдается одинаковое по характеру понижение приростов с 1968 г. по 1970 г.

2. Сравнительно высокие приросты в 1968 г. объясняются тем, что в течение теплого и влажного 1967 г., безусловно, накопилось значительное количество запасных питательных веществ, за счет которых росли побеги в 1968 г.

3. Понижение приростов в 1969 г., видимо, связано с менее благоприятными метеорологическими условиями предыдущего 1968 г. (влажно, но холодно) и меньшим накоплением ассимилятов.

4. Еще более низкие приросты 1970 г. вполне согласуются с тем, что 1969 г. был не только холодным, но и сухим.

5. Сильнее всего прирост понижается в культурах из семян более южных областей: Вологодской и Свердловской (в 1969 г. — 72 и 74%, в 1970 г. — 61 и 64%).

6. У северных культур, особенно у мурманских, прирост оказался более устойчивым: даже в 1970 г., после весьма неблагоприятного лета 1969 г., он составил 81% от прироста 1968 г. Эти данные подтверждают сделанные ранее выводы\*.

Желательно в будущем провести физиологические исследования по вопросам фотосинтеза в географических культурах в различные по годовым условиям годовые сезоны.

\* П. И. Войчалъ. О поведении сосны притундрового происхождения в условиях средней тайги. Тезисы Всесоюзного совещания по вопросам адаптации растений к экстремальным условиям среды в северных районах СССР, Петрозаводск, 1971.

Поступила 4 февраля 1972 г.

УДК 634.0.652

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ПОЛЕСЬЕ УССР

*И. В. ТУРКЕВИЧ, Л. А. МЕДВЕДЕВ, В. Е. ЛЕБЕДЕВ*

УкрНИИЛХА

В статье освещены результаты научных исследований и разработана оценочная шкала по определению потенциальной производительности основных типов леса в Полесье УССР. Полученные материалы позволяют объективно оценивать потенциальные возможности лесной площади, определять степень использования производительных сил природы, давать характеристику современного состояния лесного фонда, устанавливать эффективность лесохозяйственных мероприятий. Они могут быть использованы также в лесокультурной и лесоустройственной практике, при разработке моделей лесов будущего, лесного кадастра и в других случаях.

Успешное решение стоящей перед лесным хозяйством задачи неуклонного повышения продуктивности лесов в значительной мере зависит от того, насколько полно и рационально используются природные условия. Формирование высокопродуктивных, биологически устойчивых насаждений возможно лишь при соблюдении принципа соответствия древесных пород внешней среде. Поэтому очень важен экологический подход к решению конкретных вопросов.

К сожалению, многие вопросы этой важной проблемы остаются еще нерешенными. Для большинства древесных пород не составлены таблицы хода роста древостоев по типам леса, отсутствуют достаточно аргументированные рекомендации по выбору оптимального состава древостоев и рациональному размещению лесов с учетом плодородия лесных земель, не разработаны образцы наиболее совершенных, эталонных насаждений по каждому типу леса.

Лесные земли очень разнообразны по химическому составу, водно-физическим свойствам, мощности почв, материнской породе, кислотности, уровню залегания грунтовых вод и др. Комплекс этих условий создает определенный лесорастительный эффект, проявляющийся в основном в накоплении древесной массы. Однако производительность лесных насаждений, произрастающих в сходных лесорастительных условиях, отличается большой индивидуальной изменчивостью, зависящей от породного состава, полноты, возраста древостоев и др. Поэтому плодородие лесных земель можно определять по производительности не любых, а образцовых, эталонных насаждений.

Накопившиеся к настоящему времени сведения о природе леса позволяют установить наиболее совершенные, эталонные насаждения и дать им экономическое обоснование. Такие насаждения должны отличаться максимальной в данных лесорастительных условиях производительностью и высокой устойчивостью против неблагоприятных факторов. Это возможно при условии полного соответствия между потребностями древесных пород и возможностями внешней среды.

Требования эталонных насаждений могут отвечать коренные древостои. В своем составе, строении, производительности они наиболее полно и разносторонне отражают условия среды.

Сотрудники отдела экономики и организации лесного хозяйства УкрНИИЛХА на протяжении ряда последних лет изучали потенциальное плодородие лесных земель, изыскивали резервы повышения продуктивности лесов. Были установлены эталоны коренных древостоев для основных типов леса равнинной части УССР по природно-климатическим зонам (Полесье, лесостепь, степь). Для этих древостоев составлены эскизы таблиц природной производительности.

Исходным материалом для составления этих таблиц послужили данные более двух тысяч пробных площадей. При его оценке использованы методы, применяемые для установления однородности экспериментального материала при составлении таблиц хода роста древостоев. Основными признаками принадлежности древостоев к одному естественному ряду приняты однородность природно-климатических условий (одна природная зона), общность типа леса, происхождение и сходство в росте по высоте в одинаковые возрастные периоды. Был применен также способ прямых линий, предложенный Н. В. Третьяковым. В качестве вспомогательного материала использованы наиболее пригодные для Украины таблицы хода роста.

На основании полученного материала выявлена динамика основных таксационных показателей в связи с возрастом древостоев и составлены корреляционные уравнения. Во влажной дубовой полесской субори  $B_3$ , например, связь высот  $H$ , диаметров  $D$  и запасов  $M$  с возрастом  $A$  хорошо отражают такие уравнения:

$$H = -0,3001A^2 + 5,784A - 2,095; \quad \eta = 0,946 \pm 0,026;$$

$$D = -0,2437A^2 + 5,985A - 3,783; \quad \eta = 0,963 \pm 0,019; \quad 3 \leq A^* \leq 10.$$

$$M = -6,5825A^2 + 133,968A - 145,11; \quad \eta = 0,984 \pm 0,008.$$

\* Возраст в формулах принят в десятках лет.

Накопленные сведения позволили определить оптимальный состав древостоев. В качестве примера в табл. 1 приводятся данные по Украинскому Полесью.

Таблица 1

Тип условий место-произрастания	Состав коренного древостоя	Возраст рубки, лет	Средний возраст, лет	Производительность, Т мелкой деловой древесины		Оценочный балл
				запас на 1 га	средний прирост	
A <sub>1</sub>	10С	81—90	45	88,2	1,96	25
A <sub>2</sub>	10С, ед. Б	81—90	45	160,0	3,55	46
A <sub>3</sub>	10С+Б	81—90	45	95,9	2,13	28
A <sub>4</sub>	10С, ед. Б	71—80	40	46,2	1,15	15
A <sub>5</sub>	10С	71—80	40	26,1	0,65	8
B <sub>1</sub>	10С, ед. Б, Д	81—90	45	121,7	2,70	35
B <sub>2</sub>	10С+Б, ед. Д	71—80	40	195,6	4,89	64
B <sub>3</sub>	10С(9С1Б)+Д	71—80	40	181,6	4,54	59
B <sub>4</sub>	9С1Б, 10С+Б	81—90	45	93,4	2,08	27
B <sub>5</sub>	10С+Б	71—80	40	43,4	1,08	14
C <sub>2</sub>	8С2Д, ед. Б, Ос, Кл 9Г1Д, ед. Кл	71—80	40	283,4	7,08	92
C <sub>3</sub>	6С4Д+Лп, Ос, ед. Б 7Г3Д+Лп, Кл	71—80	40	267,8	6,70	87
C <sub>4</sub>	10Ол.ч+Б, Ос, ед. С	51—60	30	139,5	4,65	61
C <sub>5</sub>	10Ол.ч+Б	51—60	30	123,0	4,10	53
D <sub>2</sub>	8Д1Кл1Лп+Ос,Б; 8Д2Я+Лп,Ос,Б 6Г2Кл2Лп+Кп	111—120	60	435,2	6,41	83
D <sub>3</sub>	8Д1Я1Лп+Кл, Ос, Б, Им; 8Д1Лп1Кл(Им)+Ос, Б, Вэ 6Г2Кл2Лп+Кп	101—110	55	423,0	7,69	100
D <sub>4</sub>	10Ол.ч+Д, ед. Я, Б	51—60	30	162,7	5,42	70
D <sub>5</sub>	10Ол.ч+Я, ед. Б	41—50	25	144,6	5,78	75

В зависимости от типа лесорастительных условий коренные древостой могут быть чистыми или смешанными. В неблагоприятных условиях местопроизрастания они представлены одной породой, а в более благоприятных, где может успешно произрастать несколько пород, формируются смешанные древостой. Данных многолетних наблюдений за изменением состава древостоев пока нет. Поэтому оптимальное соотношение пород в смешанных древостоях определено для спелых, представляющих особый хозяйственный интерес древостоев.

Данные о производительности коренных древостоев позволяют установить сравнительную ценность условий местопроизрастания по их лесорастительному эффекту, отражаемому запасом стволовой древесины.

Сопоставлять производительность по натуральным показателям (рис. 1) целесообразно для древостоев, сформированных одной древесной породой. Однако каждому типу леса присущ свой набор и сочетание пород в коренном древостое. Поэтому отдельные типы леса отличаются не только абсолютной величиной древесного запаса, но и тем, что продуцируют качественно неоднородную древесину. Чтобы учесть эти различия, необходимо запасы привести к однородному выражению.

Между объемным весом и многими физико-механическими и химическими свойствами древесины существует определенная зависимость. Поэтому при определении продуктивности древостоев объемный вес

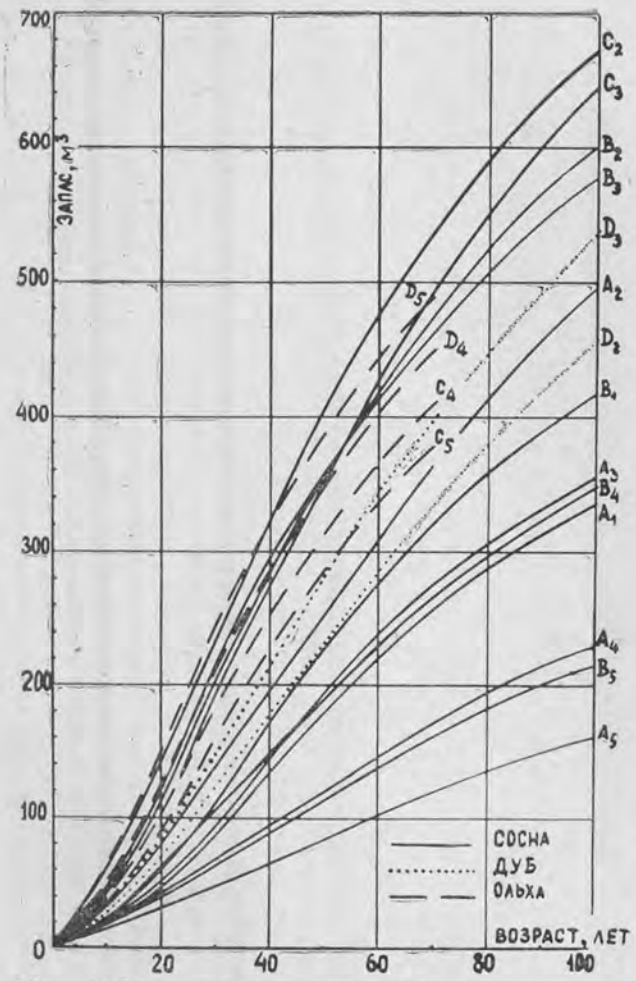


Рис. 1. Наличный запас корневых древостоев в  
Пolesье УССР, м³.

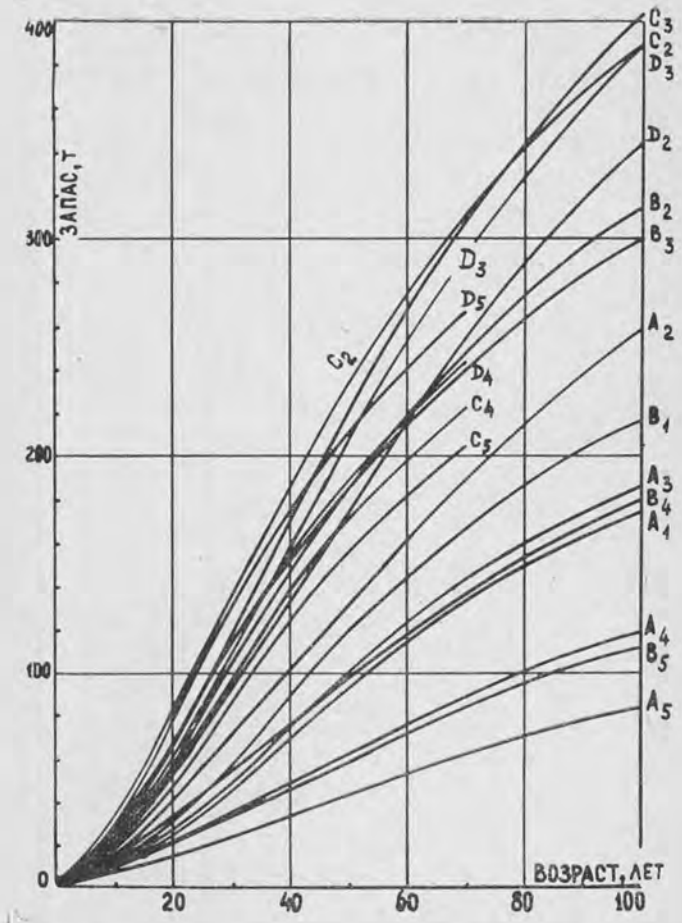


Рис. 2. Динамика запасов корневых древостоев в По-  
лесье УССР, т.

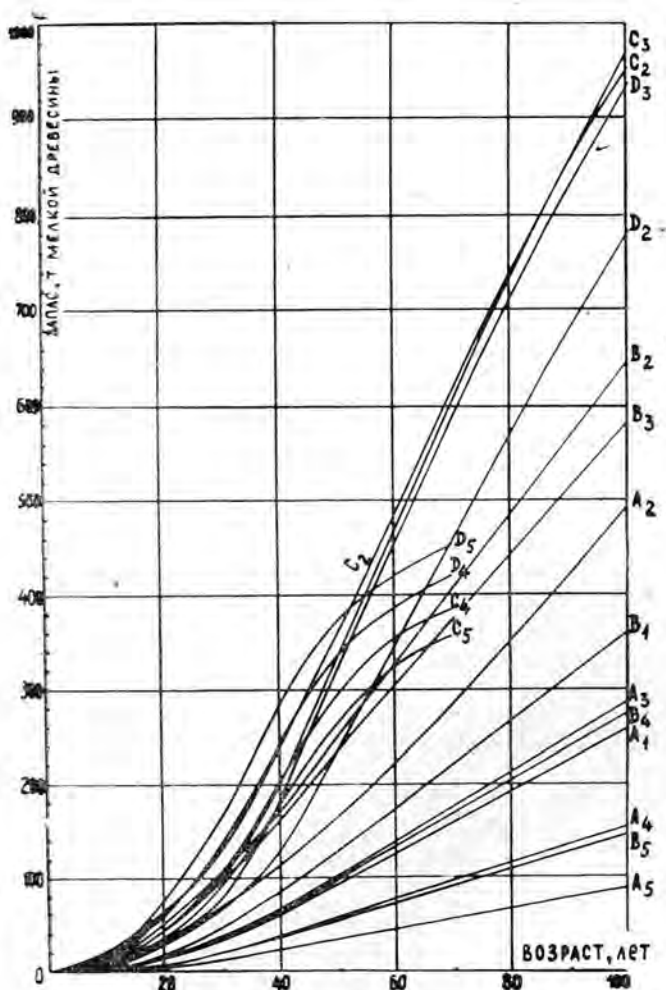


Рис. 3. Производительность коренных древостоев Полесья УССР, т мелкой деловой древесины.

древесины может служить поправочным коэффициентом, позволяющим приводить запас древесины различных пород к однородному (весовому) выражению (рис. 2).

Характеристика запаса древостоя как промышленного сырья в весовых единицах недостаточна при современных способах потребления древесины, поскольку не учитывается качество (крупность) получаемых сортиментов. Поэтому для сравнения различных типов леса по производительности с учетом качества производимой древесины использованы, кроме того, и коэффициенты товарности, предложенные Е. Я. Судачковым. Они позволяют переводить древесину разных категорий крупности в условную мелкую деловую (рис. 3).

Сопоставление производительности древостоев в объемном (рис. 1), весовом (рис. 2) и условно весовом (рис. 3) выражениях показывает несколько различный уровень производительности леса в одних и тех же лесорастительных условиях и неодинаковое их соотношение. В пер-

вую очередь это относится к типам леса, в которых образователем коренных древостоев является дуб.

Данные об естественной производительности коренных древостоев могут найти широкое применение для количественной оценки качества лесорастительных условий. В этих целях целесообразно строить оценочные шкалы.

Нами составлены 100-балльные оценочные шкалы (табл. 1). В основу их построения положен средний прирост древесной массы в тоннах мелкой деловой древесины  $Z$ , определяемый по формуле

$$Z = \frac{2 \sum_{i=1}^n M_i}{A \cdot n},$$

где  $M_i$  — запас древостоя в определенном классе возраста, выраженный в тоннах мелкой деловой древесины;

$i$  — класс возраста;

$n$  — количество классов возраста;

$A$  — возраст рубки древостоя.

Наиболее производительный тип леса оценивали в 100 баллов, остальным присваивали балл, исходя из соотношения их среднего прироста и максимального.

Наличие данных о природной производительности лесных земель и фактической продуктивности лесов дает возможность выявить степень использования потенциального плодородия лесных земель и наметить мероприятия по повышению продуктивности лесов. При этом представляется возможным определять не только общую величину потерь в древесине в связи с неполным использованием потенциального плодородия лесных земель, но и выявить причины их образования.

Расчет потерь общих и по источникам их образования осуществляется следующим образом.

1. Определяется природное плодородие лесных земель и фактическая продуктивность древостоев по тому или иному объекту (лесхоз, область, экономический район или природная зона и т. д.). Разница между ними покажет общий резерв повышения продуктивности лесов.

2. Разница между природной производительностью лесов при оптимальной и фактической возрастной структуре характеризует потери, связанные с нерациональной возрастной структурой лесного фонда.

3. Разница между природной производительностью коренных древостоев и потенциальной продуктивностью производных древостоев (при оптимальной возрастной структуре тех и других) дает величину потерь, вызванных несоответствием породного состава лесов условиям местопроизрастания.

4. Разница между общей величиной потерь (п. 1) и суммой потерь, установленных пп. 2 и 3, составит величину прочих потерь (связанных с низкими полнотами, несоответствием классов бонитета типам условий местопроизрастания и др.).

Степень использования плодородия лесных земель  $K$ , или уровень фактической продуктивности (по Д. В. Воробьеву), устанавливается по соотношению величин фактической продуктивности  $P_f$  и природной производительности  $P_n$

$$K = \frac{P_f}{P_n}.$$

Чем ближе этот коэффициент к единице, тем более полно используется естественное плодородие лесных земель. В принципе этот коэффициент может быть и выше единицы, если во всех случаях производные типы древостоев по продуктивности выше коренных.

Поступила 18 октября 1971 г.

УДК 631.6

## ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ МЕЖПОЛОСНЫХ ПОЛЕЙ

М. Е. ВАСИЛЬЕВ

Целиноградский сельскохозяйственный институт

К. С. ДЖЕКЕМБАЕВ

Целиноградское областное управление лесного хозяйства

Рассмотрены факторы, вызывающие дефляцию. Имея данные о скорости и повторяемости ветров, о физических свойствах почвы, определив по предложенным графикам и формулам длину ветровой тени, степень снижения скорости ветра, критические скорости ветра, нетрудно подобрать такую по ажурности и высоте лесополосу, под влиянием которой на защищенной площади скорость ветра не превышала бы критического порога.

Прогрессирующая ветровая эрозия почвы (дефляция) — бич земледелия Северного Казахстана. Около половины (12 млн. га) всей пашни занимают эрозийноопасные земли, с которых ежегодно сносятся тысячи тонн биогенных элементов, а недобор зерна превышает миллион тонн. Поэтому проблема защитного лесоразведения стоит здесь особенно остро. С 1967 г. выращивание лесополос значительно оживилось. За четыре года в республике заложено около 40 тыс. га насаждений. Большую работу ведут лесхозы. Только в Целиноградской области за истекшую пятилетку лесхозами создано 4250 га лесонасаждений на землях совхозов, в том числе 1800 га на полях.

Нами предложена методика установления оптимальных размеров межполосных полей на пашне с различной степенью дефляции. Основная логическая схема такова. Известно, что дефляция определяется двумя основными факторами: высокой скоростью ветра и сильной пыленностью почвы. Поэтому, снизив лесными полосами скорость ветра до известной величины (ниже критической), дефлекцию можно остановить на любом почвенном фоне. Для решения этого вопроса нужно знать: а) предельно высокие скорости местных ветров и их повторяемость; б) аэродинамические (ветроломные) качества лесонасаждений, в частности, длину ветровой тени и степень снижения скорости в ее пределах; в) физические свойства почвы (агрегатный механический состав); г) критические скорости эрозии. В Северном Казахстане сильные ветры (20—25 м/сек) возникают от высоких барических градиентов между районами с разным атмосферным давлением, от прохождения холодных воздушных фронтов и перемещения различных слоев воздушного океана в связи с его вертикальной неустойчивостью.

Скорость и повторяемость этих ветров можно определить по данным метеослужбы. Установление длины ветровой тени — задача более сложная. На основании работ П. Д. Никитина [6], [7], Я. А. Смалько [9], В. А. Бодрова [1], Г. И. Матякина [5], Н. Вудруфа [9] и собственных исследований нами выведено уравнение длины ветровой тени

$$L = i \frac{V \sqrt{h v}}{2} \sin \alpha + h \sqrt{v},$$

где  $i$  — ажурность лесополосы, %;  
 $h$  — рабочая высота, м;  
 $v$  — скорость ветра, м/сек;  
 $\alpha$  — угол атаки.

Уравнение справедливо при  $i \leq 60\%$ . По этой формуле рассчитана длина ветровой тени насаждений высотой от 3 до 30 м с ажурностью от 0 до 70% при скорости ветра от 5 до 30 м/сек и угле атаки  $90^\circ$  (рис. 1). Для удобства пользования графиками искомые кривые второго порядка заменены прямыми с очень незначительным допуском. Зная скорость ветра в данный момент, высоту и ажурность лесополосы, легко определить длину ее ветровой тени. Как видно из рис. 1, с увеличением скорости ветра угол рассеивания прямых возрастает, то есть ветровая тень удлиняется, что имеет безусловное практическое значение.

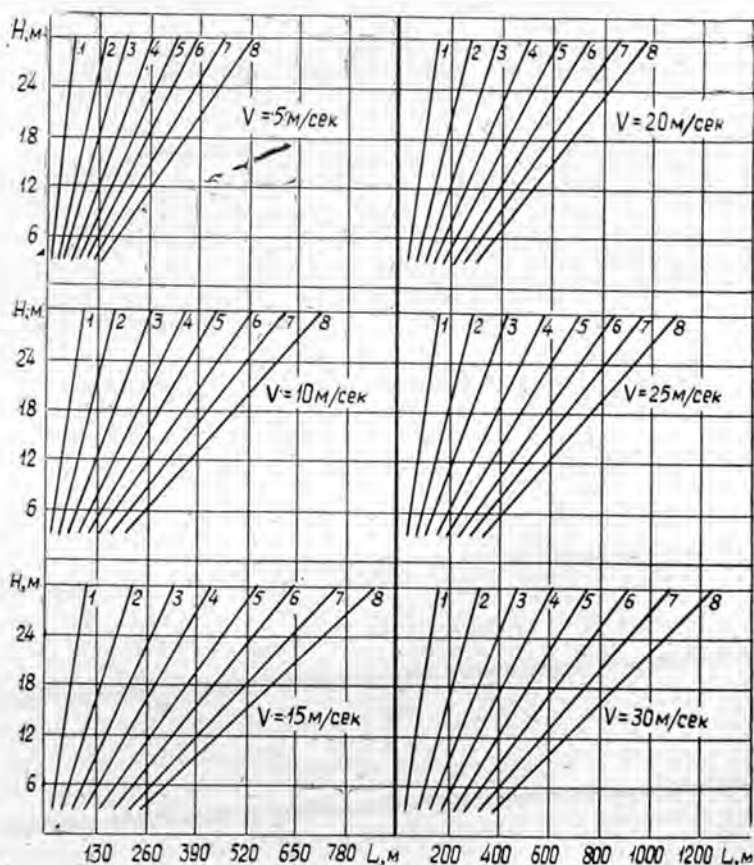


Рис. 1. Длина ветровой тени лесных полос различной ажурности.  
 1 — 0%; 2 — 10%; 3 — 20%; 4 — 30%; 5 — 40%; 6 — 50%; 7 — 60%; 8 — 70%.

Зная ширину лесополосы и длину ее ветровой тени, нетрудно определить такой важный показатель, как модуль территориальной защищаемости (МТЗ), то есть площадь поля, защищенную 1 га насаждения.



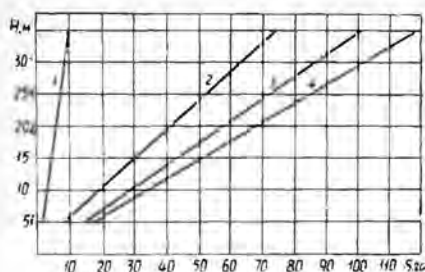


Рис. 2. Площадь поля, защищенная 1 га лесополос различной высоты и конструкции.  
1 — плотной; 2 — ажурной; 3 — ажурно-продуваемой; 4 — продуваемой.

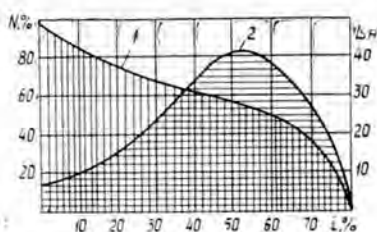


Рис. 3.

Нами рассчитан МТЗ для ажурно-продуваемых, продуваемых, ажурных и плотных лесных полос с количеством рядов соответственно 3, 4, 5, 8 при ширине закраек 2 м каждая и длине ветровой тени, взятой с рис. 1. Результаты расчета представлены на рис. 2. Конструкцию лесополос устанавливали по величине ажурности. Согласно рис. 2, например, ажурно-продуваемая полоса высотой 20 м имеет МТЗ более 70 га, продуваемая — 60, ажурная — около 40, плотная — 7 га. Степень снижения скорости ветра лесополосами определяли вышеупомянутые исследователи, а также Ю. Я. Бяллович [3], Д. П. Рыжиков [8], У. Стелл, Д. Лехейн в США [9] и др. Обобщив этот материал и результаты собственных экспериментальных работ, мы построили кривые зависимости степени снижения скорости ветра  $N(i)$  и длины ветровой тени  $LH(i)$  от ажурности лесополос  $i$  (рис. 3). Как видим, между величиной ажурности и степенью снижения скорости ветра в среднем по всей длине ветровой тени существует обратная зависимость, а между ажурностью и длиной тени — прямая (до 60% ажурности). С переходом через эту величину ветровая тень резко укорачивается до нуля.

Характеристику гранулометрического состава почвы, необходимую для дальнейших расчетов, нетрудно взять из почвенного очерка материалов землеустройства, которые имеются в каждом хозяйстве. Наконец, нужно знать критические скорости ветра, вызывающие дефляцию. Их четыре. При первой  $v_{к1}$  почвенные частицы лишь перекатываются по поверхности, при второй  $v_{к2}$  начинается их скачкообразный полет, при третьей  $v_{к3}$  эрозия затухает и при четвертой  $v_{к4}$  полностью прекращается [4]. При разработке мер борьбы с дефляцией важно знать первую и вторую критические скорости. Первую находили по уравнению

$$v_{к1} = 1,414 \sqrt{\frac{\lambda_r - \lambda_c}{\lambda_\phi} (1 \pm \sin \varphi) [0,667d + p_0] K_3},$$

где  $\lambda_r, \lambda_c, \lambda_\phi$  — соответственно коэффициенты трения, сцепления и обтекания частиц почвы;

$\varphi$  — угол наклона поверхности почвы;

$\gamma$  — удельный вес почвы;

$d$  — диаметр почвенных частиц;

$p_0$  — атмосферное давление;

$K_3$  — коэффициент защитных свойств почвы, принятый нами для супеси 2, для суглинка 3.

Вторая критическая скорость найдена из выражения

$$v_{к2} = 1,414 \sqrt{\frac{\lambda}{\rho} \left( \frac{1 \pm \sin \varphi}{\operatorname{tg} \alpha} \right) [0,66\gamma d + p_0] K_3},$$

где  $\lambda$  — общий коэффициент сопротивления частиц почвы силе ветра;  
 $\rho$  — плотность воздуха;  
 $\alpha$  — угол взлета частиц при их скачкообразном движении.

На электронной вычислительной машине «Промитнь» рассчитаны критические скорости для почвенных частиц различной крупности на пашне без растений (табл. 1).

Таблица 1

Диаметр частиц почвы, мм	Критические скорости ветра, м/сек		
	$v_{к1}$	$v_{к2}$	$v_{к3}$
0,05	1,9	2,1	1,7
0,25	2,8	3,9	2,3
1,00	6,3	8,7	4,6
2,00	8,0	10,9	7,3
3,00	9,7	12,0	8,3
4,00	11,4	15,6	10,2
5,00	12,1	15,8	11,1

Важная качественная характеристика дефляции — ее интенсивность. Этот показатель находили из выражения

$$K_{и} = \frac{0,5\rho v^2}{\lambda (1 \pm \sin \varphi) [0,66\gamma d + p_0] K_3},$$

где  $v$  — скорость ветра, м/сек.

Теперь, когда известны все необходимые расчетные параметры, зная агрегатный или механический состав почвы, нетрудно подобрать такую лесополосу, под защитой которой на поле скорость ветра не превышала бы критической. Пусть требуется определить размер межполосного поля для бригады совхоза «Октябрь» Целиноградской области. Средняя рабочая высота лесополос может быть принята 12 м (исходя из почвенно-климатических условий), максимальная скорость ветра 20 м/сек. Почва тяжелосуглинистая, преобладают агрегаты диаметром 1,5—2 мм. По табл. 1 находим, что вторая критическая скорость для них равна 10,9 м/сек. Значит, чтобы не было ветровой эрозии почвы, скорость ветра должна быть снижена на половину. Согласно рис. 3, этого можно достичь, если ажурность полосы будет 55—60%. Ее ветровая тень равна около 40Н. Следовательно, ширина поля составит  $40 \times 12 = 480$  м. Направление насаждений с северо-запада на юго-восток под углом атаки  $90^\circ$  к юго-западным суховеям. Длина межполосных клеток может быть принята равной 3—4-кратной ширине клетки, то есть 1,5—2 км, так как ветры других направлений эрозию обычно не вызывают. Тогда площадь межполосного поля составит 75—100 га. По этому принципу рассчитана табл. 2, на примере пашни Майского района Павлодарской области, где лесополос нет. Рабочая высота лесополос в расчетах принята 14 м.

Для практических целей расчетную ширину межполосных полей целесообразно округлять с точностью до 50 м. Согласно данным табл. 2, с увеличением степени эрозии пашни возрастает ее оптимальная защитная лесистость. На площадях со средней и сильной эрозией в полезащитные лесные полосы надо вводить 1—2 ряда низкорослого почвозащитного кустарника (спирей и т. п.), который, снижая скорость вет-

Таблица 2

Степень дефляции	Площадь пашни, тыс. га	Конструкция лесополос	Число рядов в лесополосах	Ширина межполосных клеток, м	Защищенная лесополосой площадь (межполосное поле), га	Оптимальная защитная лесистость пашни, %
Эрозии нет . . .	409	Ажурно-продуваемая	3—4	538	75—100	2,3—3,0
Очень слабая . .	10	Продуваемая	3—4	492	70—80	2,5—3,3
Слабая . . . . .	9	"	4—5	431	50—60	3,7—4,6
Средняя . . . . .	110	Ажурная	4—5(1)	364	35—50	5,4—6,1
Сильная . . . . .	79	"	5—6(1)	301	30—35	6,2—7,4
Очень сильная .	10	"	5—6(2)	239	20—25	7,8—8,7
Исключительно сильная . . . . .	1	"	6—7(2)	131	5—6	15,7—19,0

ра в припочвенном слое, препятствует выдуванию мелкозема из междурядий лесополос, особенно после их культивации. В табл. 2 количество кустарниковых рядов в лесополосах указано в скобках. При отсутствии кустарника скорость ветра в подкромной части лесонасаждений резко увеличивается, в результате возникает эрозия.

Известно, что в различных частях ветровой тени неодинакова степень снижения скорости ветра, а в овязи с этим и степень снижения

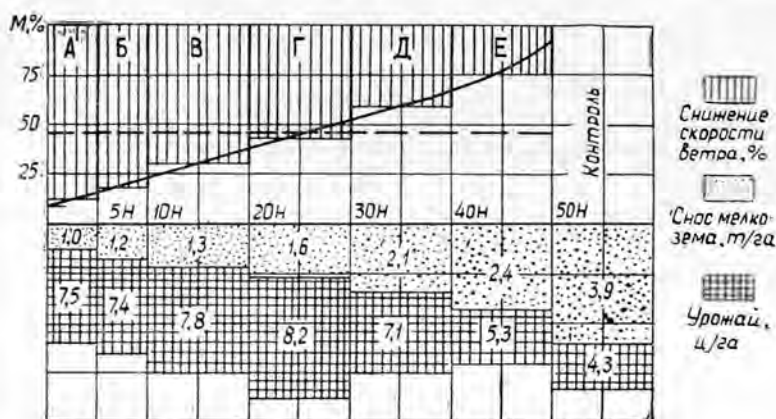


Рис. 4. Структура ветровой тени, дефляция и урожай зерна пшеницы под защитой 7-рядной ажурной лесной полосы высотой 14 м. М — скорость ветра на защищенном поле, % от скорости в открытой степи.

дефляции. На рис. 4 представлена кривая снижения скорости ветра ажурной лесополосой высотой 14 м, полученная при анемометрических съемках.

По величине снижения скорости ветра тень можно разделить на 6 зон: первая А соответствует расстоянию 0—5 Н, вторая Б лежит в пределах 5—10 Н и имеет меньшую степень снижения скорости. В третьей зоне В (10—20Н) снижение составляет 70—60%, в четвертой Г (20—30 Н) — 60—50%, в пятой Д (30—40 Н) — 50—30%, в шестой Е (40—50 Н) — менее 30%. Естественно, что лесополосы других конструкций имеют иную структуру ветровой тени. В прямой зависимости от аэродинамической структуры ветровой тени находится степень снижения дефляции и урожай, что также видно из рис. 4. Эта законо-

мерность, кроме того, подтверждается нашими данными по совхозам им. Мичурина и Акмолинский Целиноградской области, а также исследованиями В. Я. Векшегонова в Московском совхозе Тургайской области.

По-видимому, лесополос, абсолютно погашающих дефляцию, быть не может, так как даже при скорости ветра 3—4 м/сек вынос мелкозема с пашни все же наблюдается.

Как отмечалось выше, при характеристике аэродинамических качеств лесных полос важно знать не только длину их тени, но и степень снижения скорости ветра, чем в основном и определяется противодефляционная эффективность лесонасаждений, разумеется, с учетом ветроталкивающих свойств почвы, то есть ее сопротивляемости разрушительной силе ветра. В этом случае удобно пользоваться отношением длины тени к степени снижения скорости ветра в середине тени. На рис. 4 эта горизонтальная пунктирная линия через точку 25 *H* (середина зоны Г), так как вся длина тени около 50 *H*. В нашем примере среднее снижение скорости ветра равно 55%. По материалам ветроуловок нами получены соотношения *L* и *N*, названные коэффициентом аэродинамического эффекта (КАЭ), для лесополос различных конструкций КАЭ ажурно-продуваемых лесополос составляет  $(30 \div 35) : (50 \div 45)$ , продуваемых —  $(35 \div 40) : (55 \div 60)$ , ажурных —  $(20 \div 25) : (65 \div 70)$ , плотных —  $(5 \div 7) : (80 \div 90)$ . Это означает, что, например, ажурно-продуваемая лесная полоса имеет длину ветровой тени, равную 30—35 *H* со снижением скорости в середине тени на 40—45%, продуваемая — соответственно 35—40 *H* и 55—60% и т. д. Эти показатели дают наиболее полное представление об аэродинамике лесополос и позволяют судить об их противодефляционных возможностях.

Существует мнение [2], что стерня хлебов (300 шт. на 1 м<sup>2</sup>) вполне сохраняет почву от выдувания и без полезащитных лесополос. С этим трудно согласиться, так как даже на площадях, покрытых сельхозкультурами, дефляция все же наблюдается, не говоря уже о стерне и тем более о парах.

В табл. 3 показано, сколько мелкозема снесено с 10 мая по 1 августа на супесчаной темно-каштановой почве под защитой лесных полос и в открытом поле в посевах и на пару.

Таблица 3

Конструкция лесных полос	Количество снесенного мелкозема, <i>Tга</i> , в культурах				
	пшеницы	ячменя	кукурузы	подсол- нечника	на пару
Ажурно-продуваемая (3 ряда)	0,2	0,4	0,4	0,6	9,4
Продуваемая (6 рядов)	0,3	0,4	0,8	0,9	10,2
Плотная (15 рядов)	1,2	1,8	2,0	1,9	14,5
Без лесополос	2,3	3,5	3,3	3,7	24,9

На основании данных таблицы можно утверждать, что и на стерневых фонах под влиянием лесополос эрозия также уменьшается. Поэтому дефляция полностью может быть побеждена комплексом мер (лесомелиоративных и агротехнических).

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. А. Бодров. Лесная мелиорация. М., 1951. [2]. А. П. Бочаров. Способность стерни защищать почву от эрозии. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 10, 1963. [3]. Ю. Я. Бялкович. Новые данные о влиянии полезащитных лес-

ных полос на скорость ветра. Журн. «Метеорология и гидрология» № 4, 1939. [4]. В. В. Звонков. Водная и ветровая эрозия земли. М., 1963. [5]. Г. И. Матякин. Об эффективности лесных полезащитных полос в повышении урожайности колхозных полей. Журн. «Лесное хозяйство» № 6, 1955. [6]. П. Д. Никитин. О ширине лесных полос. Журн. «Советская агрономия» № 8, 1947. [7]. П. Д. Никитин. О конструкции полезащитных лесных полос для Заволжья, Западной Сибири и Северного Казахстана. Вестник сельскохозяйственной науки, 10, 1960. [8]. Д. П. Рыжиков. Преградить путь черным бурям. Журн. «Лесное хозяйство» № 1, 1967. [9]. Я. А. Смалько. Изменение ветрозащитных свойств лесных полос в зависимости от степени их ажурности. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1959.

---

Поступила 13 декабря 1971 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 634.0.378.33.

О СОСТАВЛЯЮЩИХ ОБЩЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ  
ДВИЖЕНИЮ ПЛОТОВ

С. Х. БУДЫКА, М. Г. КРАСНИК, С. Ф. РАПИНЧУК

Белорусский технологический институт

Предложен метод обработки экспериментального материала, дающий возможность установить как величину равнозернистой шероховатости, так и значения коэффициентов сопротивления трения и формы плота в зависимости от чисел Рейнольдса и Фруда. По этим данным находится общее сопротивление воды движению плота.

Большинство расчетных формул, определяющих сопротивление воды движению плотов, имеет двухчленный вид и получено на основании обработки результатов буксировочных испытаний различных типов плотов. Эти данные подтверждают целесообразность разделения сопротивления воды движению плота только на две составляющие, которые в этих формулах найдены разными методами [5], [3]. Первая обусловлена силами трения, вторая состоит из сопротивления формы и волнового сопротивления. Вторая составляющая соизмерима с первой.

Недостаток большинства формул — независимость составляющих сопротивления от основных параметров движения и отсутствие учета шероховатости плотов.

Для уточнения этих вопросов нами проведены соответствующие исследования с использованием имеющегося экспериментального материала по буксировочным испытаниям плотов. Особое внимание уделено наиболее полным и детальным экспериментальным данным В. Н. Худоногова [4].

Исследования С. Ф. Рапинчука [1] показывают, что для определения коэффициента сопротивления трения плотов наиболее целесообразно использовать зависимость и диаграммы Г. Шлихтинга [6] и И. К. Ротта [2]. Однако при этом необходимо знать величину равнозернистой шероховатости, которая для плотов определяется весьма приближенно. По существу этому вопросу уделял внимание только В. Н. Худоногов.

Используя упрощенные методы факторного анализа, мы предложили уточненную методику определения равнозернистой шероховатости. Для каждого опыта по числу Рейнольдса  $Re_L$  с диаграммы И. К. Ротта снимали ряд значений коэффициентов сопротивления трения (в пределах  $C_{f_{min}} \div C_{f_{max}}$ ) и соответствующих им значений величины равнозернистой шероховатости. По принятым значениям  $C_f$  находили соответствующий коэффициент остаточного сопротивления, который, ввиду сказанного выше, отождествляли с коэффициентом сопротивления формы  $C_\phi$ .

Вычисление проводили по формуле

$$C_\phi = \frac{2R_{опыт}}{v^2 \rho} - C_f \cdot S \quad (1)$$

где  $R_{\text{опыт}}$  — сопротивление воды движению плота, измеренное в опыте,  $\kappa\Gamma$ ;

$v$  — скорость буксировки,  $\text{м/сек}$ ;

$\rho$  — плотность воды,

$S$  — смоченная поверхность плота,  $\text{м}^2$ ;

$F$  — площадь миделевого сечения плота,  $\text{м}^2$ .

Коэффициент сопротивления формы определяли на ЭВМ «Проминь-М». Образец полученных данных для плота габаритами  $L \times B \times T = 620 \times 150 \times 1,15 \text{ м}$ , при скорости буксировки  $v = 0,180 \text{ м/сек}$ , сопротивлению воды  $R_{\text{опыт}} = 1240 \text{ кг}$ ;  $Re_L = 1,1049 \cdot 10^8$  приведен в табл. 1.

Таблица 1

$C_f$ с диаграммы Ротта	Равнозернистая шероховатость, соответствующая $C_f$	Вычисленный по формуле (1) коэффициент $C_{\phi}$
0,0023	0,0000	3,0913
0,0024	0,0010	3,0221
0,0025	0,0020	2,9583
0,0026	0,0025	2,9217
0,0030	0,0050	2,7706
0,0033	0,0100	2,5849
0,0036	0,0200	2,3718
0,0043	0,0500	2,0004
0,0048	0,1000	1,7266
0,0056	0,2500	1,2626

Количество таких таблиц в каждом опыте отвечает числу буксировочных скоростей. Во всех таблицах остаются неизменными размеры плота и величина равнозернистой шероховатости. Таким образом, все множество коэффициентов формы, из которых нужно найти его расчетное значение, состоит из десяти подмножеств. Каждое из них характеризуется определенной величиной равнозернистой шероховатости. Образец сводки коэффициентов формы для плота габаритами  $620 \times 150 \times 1,15 \text{ м}$  приведен в табл. 2.

Первая задача сводилась к установлению подмножества, в котором находится расчетное значение коэффициента формы, то есть к нахождению расчетной величины равнозернистой шероховатости. Однако возможен и такой случай, когда все коэффициенты сопротивления формы данного подмножества являются расчетными. Это зависит от основных факторов, обуславливающих величину коэффициента сопротивления формы.

Самые общие соображения показывают, что для коэффициентов сопротивления формы может быть принято критериальное уравнение следующего вида:

$$C_{\phi} = f(Re_L, Fr_T). \quad (2)$$

В этом случае расчетным будет целое подмножество коэффициентов сопротивления формы, соответствующих истинному значению равнозернистой шероховатости.

Не предпринимая заранее вид зависимости (2), можно указать, что подсчитанные для всех подмножеств коэффициенты корреляции между  $Re_L$  и коэффициентами формы будут максимальными для подмножества, соответствующего истинному значению равнозернистой шероховатости. Вполне понятно, что и коэффициент корреляции между числами Фруда  $Fr_T$  и коэффициентами формы также должен быть максимальным для этого подмножества. В табл. 3 приведены коэффициенты корреляции для всех десяти подмножеств табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Величина показателей при скорости буксировки, м/сек					
	0,180	0,228	0,320	0,332	0,360	0,392
Сопротивление воды движению плота, измеренное в опыте, кг	1240	1820	3480	3900	5140	6450
Число Фруда	0,0029	0,0046	0,0091	0,0098	0,0115	0,0136
Число Рейнольдса	$1,1049 \cdot 10^8$	$1,3996 \cdot 10^8$	$1,9643 \cdot 10^8$	$2,0380 \cdot 10^8$	$2,2099 \cdot 10^8$	$2,4063 \cdot 10^8$
Коэффициенты остаточного сопротивления (формы), вычисленные по формуле (1), при равнозернистой шероховатости, $m$						
0,0000	3,0913	2,7753	2,7133	2,9001	3,3861	3,6766
0,0010	3,0221	2,7067	2,5988	2,7797	3,2336	3,5308
0,0020	2,9583	2,6083	2,5201	2,6739	3,1476	3,4398
0,0025	2,9217	2,5682	2,4854	2,6379	3,1085	3,4080
0,0050	2,7706	2,4518	2,3759	2,5286	2,9990	3,2746
0,0100	2,5849	2,2776	2,2027	2,3485	2,8035	3,0950
0,0200	2,3718	2,0080	2,0294	2,0919	2,5532	2,8568
0,0500	2,0004	1,6979	1,9435	1,7311	2,2561	2,7613
0,1000	1,7266	1,4266	1,4150	1,4962	2,0085	2,3218
0,2500	1,2623	0,9813	0,8301	0,9529	1,3529	1,6337



Таблица 3

Равнозернистая шероховатость плота, м	$r_{Re_L} = f(Re_L, C_\phi)$	$r_{Fr_T} = f(Fr_T, C_\phi)$
0,0000	0,5273	0,6009
0,0010	0,4595	0,5393
0,0020	0,4401	0,5207
0,0025	0,4422	0,5218
0,0050	0,4772	0,5545
0,0100	0,4798	0,5566
0,0200	0,4809	0,5605
0,0500	0,6002	0,6667
0,1000	0,5337	0,6088
0,2500	0,3460	0,4290

Коэффициенты корреляции подсчитывали по формулам

$$r_{Re_L} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{\phi_i} - \bar{C}_\phi) \cdot (Re_{L_i} - \bar{Re}_L)}{\sigma_{C_\phi} \cdot \sigma_{Re_L}}; \quad (3)$$

$$r_{Fr_T} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{\phi_i} - \bar{C}_\phi) \cdot (Fr_{T_i} - \bar{Fr}_T)}{\sigma_{C_\phi} \cdot \sigma_{Fr_T}}; \quad (4)$$

где  $\sigma_{C_\phi}$ ,  $\sigma_{Re_L}$ ,  $\sigma_{Fr_T}$  — дисперсии рассматриваемых величин.

Если принят большой шаг в изменении равнозернистой шероховатости, то между максимальными значениями коэффициентов корреляции рассматриваемых величин могут быть несовпадения.

Как видно из табл. 3, максимальным значениям коэффициентов корреляции соответствует равнозернистая шероховатость 0,05 м. Очевидно, ее можно рекомендовать для всех плотов, подобных исследованному. Расчетными коэффициентами формы являются данные табл. 2, соответствующие этому значению.

Подобные результаты получены и для других опытов по буксировочным испытаниям плотов в лаборатории и в натуре. Равнозернистая шероховатость для модельных плотов 0,0015 м. Эти данные были использованы для решения критериального уравнения [2]. Полученная связь показана на графике (рис. 1). На нем каждая из приведенных точек представляет собой осредненное значение нескольких измерений. Аппроксимирующая зависимость имеет вид

$$C_\phi = 0,2646 (Re_L \cdot Fr_T)^{0,132}; \quad (5)$$

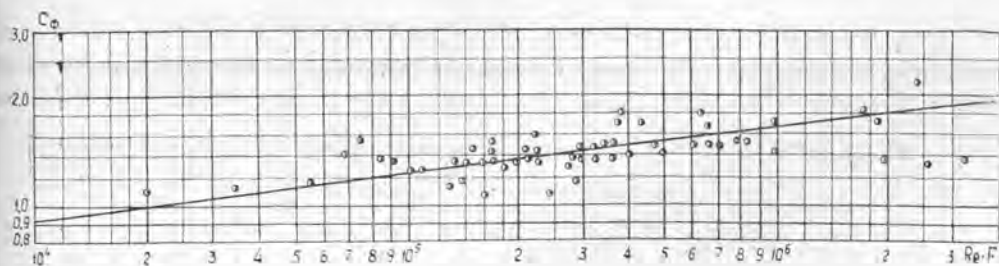


Рис. 1.

№ натурного плота	Габариты плотов, м	Автор опыта	Скорость буксирования, м/сек	Общее сопротивление воды движению плота, измеренное в опыте, кг	Общее сопротивление воды движению плота, рассчитанное по предлагаемой методике, кг	Отклонение рассчитанного значения сопротивления от измеренного в опыте, %	Примечание
1	340 × 18 × 1,06	Н. И. Шаронов	1,000	4350	4139	+ 4,8	Модель плота № 1, масштаб 1:15
			0,800	2780	2618	+ 5,8	
	22,7 × 1,2 × 0,072	В. Н. Худоногов	0,170	0,360	0,342	+ 5,0	
			0,200	0,520	0,476	+ 8,4	
			0,240	0,700	0,730	- 4,3	
			0,280	1,080	1,013	+ 6,0	
2	466,1 × 25 × 1,355	Н. И. Шаронов	0,330	1,290	1,4584	- 13,0	Модель плота № 2, масштаб 1:15
			0,365	1,660	1,8654	- 12,3	
	31,1 × 1,67 × 0,090	В. Н. Худоногов	1,000	7030	7057	- 0,4	
			0,800	4500	4275	+ 5,0	
			0,158	0,500	0,519	- 3,8	
			0,184	0,700	0,724	- 3,4	
3	462,9 × 26,3 × 1,49	Н. И. Шаронов	0,217	1,000	1,040	- 4,0	Модель плота № 3, масштаб 1:15
			0,263	1,600	1,586	+ 0,9	
	30,9 × 1,75 × 0,099	В. Н. Худоногов	1,000	8060	7818	- 3,0	
			0,800	5330	5015	+ 5,9	
			0,124	0,350	0,333	+ 4,9	
			0,144	0,500	0,461	+ 7,8	
4	231,6 × 26,3 × 1,35	Н. И. Шаронов	0,158	0,600	0,564	+ 6,0	Модель плота № 4, масштаб 1:15
			0,179	0,790	0,744	+ 5,8	
	15,4 × 1,75 × 0,090	В. Н. Худоногов	0,209	1,050	1,045	+ 0,5	
			1,000	5350	5256	+ 1,8	
			0,800	3120	3447	- 10,4	
			0,135	0,300	0,276	+ 8,0	
5	240 × 25,3 × 1,60	Н. А. Хахин	0,245	0,985	1,015	- 3,0	Модель плота № 5, масштаб 1:15
			0,295	1,485	1,529	- 2,9	
	16,0 × 1,69 × 0,106	В. Н. Худоногов	0,360	2,150	2,400	- 11,0	
			1,070	6700	7231	- 8,7	
			0,110	0,215	0,199	+ 7,4	
			0,180	0,585	0,71	+ 2,4	
6	445 × 24,3 × 1,58	Н. А. Хахин	0,255	1,170	1,235	- 5,5	Модель плота № 6, масштаб 1:15
			0,280	1,420	1,464	- 3,1	
	29,7 × 1,62 × 0,106	В. Н. Худоногов	1,010	7900	7686	+ 2,7	
			0,159	0,565	0,545	+ 3,5	
			0,200	0,945	0,886	+ 6,2	
			0,257	1,510	1,560	+ 0,2	

Полученные материалы по равнозернистой шероховатости и формула (5) позволяют наметить методику определения составляющих и общего сопротивления воды движению плотов. По заданным габаритам плота и скорости буксировки определяем числа Рейнольдса и Фруда. По числу Рейнольдса и равнозернистой шероховатости на диаграмме И. К. Ротта находим коэффициент сопротивления трения  $C_f$ , а составляющую трения  $R_f$  по формуле

$$R_f = C_f \cdot S \frac{v^2}{2} \cdot \rho. \quad (6)$$

Используя зависимость (5), определяем коэффициент сопротивления формы  $C_\phi$  и далее по формуле

$$R_\phi = C_\phi \cdot F \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $F$  — площадь миделевого сечения плота,  $m^2$ , находим вторую составляющую общего сопротивления  $R_\phi$ , а затем их сумму.

По этой методике нами было определено общее сопротивление по данным Н. И. Шаропова, Н. А. Хахина, В. Н. Худоногова для ряда плотов. Полученные значения общего сопротивления приведены в табл. 4, где помещено также фактическое сопротивление воды движению этих плотов. Как видно, отклонение полученных данных от фактических для натурных плотов не превышает 10%.

В заключение следует указать, что определенная нами величина равнозернистой шероховатости для натурных плотов может быть применена для широкого класса пучковых плотов. Это, очевидно, объясняется тем, что плоты, испытанные Н. А. Хахиным, Н. И. Шароповым, В. Н. Худоноговым, по конструкции могут быть отнесены к этому классу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. Ф. Рапичук. Оценка коэффициентов сопротивления трения и относительной высоты выступов шероховатости пучковых и плоских плотов. Сб. «Механизация лесоразработок и транспорт леса», вып. 1, изд-во «Высшая школа», Минск, 1970. [2]. И. К. Ротта. Турбулентный пограничный слой в несжимаемой жидкости. Изд-во «Судостроение», 1967. [3]. Н. А. Хахин. Исследование некоторых вопросов сопротивления воды движению плотов и их управляемости при ветре. Труды ЦНИИЭВТ, вып. XVI, М., 1958. [4]. В. Н. Худоногов. Гидродинамическое взаимодействие плотов и внешней среды. Красноярское книжное изд-во, 1966. [5]. Н. И. Шаропов. Буксировка плотов по водохранилищам. Изд-во «Речной транспорт», М., 1956. [6]. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. Изд-во «Наука», 1969.

Поступила 7 февраля 1972 г.

УДК 634.0.378.3

## ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПЫЖА ИЗ МИКРОПУЧКОВ В ПОТОКЕ

Л. И. МАЛИНИН

Сибирский технологический институт

Исследовано взаимодействие с потоком однорядного и многорядного пыжа из микропучков, сформированного в русле без водосброса и в протоке реки. Показана возможность определения емкости водохранилища и длины пыжа, выбора лежневой или лежнево-сетчатой запани и т. д.

Рассмотрим некоторые особенности, отличающие пыж из микропучков от молевого, а также от пыжа из пучков объемом более  $5 m^3$ .

Микропучком условимся называть пакет бревен с осадкой не более 0,8 м, объем древесины в котором не превышает 5 м<sup>3</sup>. Существенное отличие микропучка от полнообъемного заключается в большом разнообразии форм поперечного сечения его при сплотке.

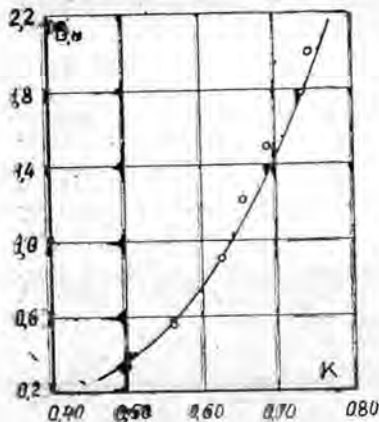
В отличие от бревен, составляющих молевой пыж, микропучки имеют повышенную габаритность, запас плавучести, а также иную конфигурацию в объемном очертании.

По сравнению же с полнообъемными пучками, составляющими однорядный пучковой пыж, микропучки имеют меньший запас плавучести, меньшие размеры и резко различаются по конфигурации поперечного сечения, особенно когда они составлены из малого количества бревен (от 3 до 9).

Все эти особенности влияют на процесс формирования пыжа из микропучков и качественно и количественно отличают его от пыжей из молевой древесины и из полнообъемных пучков.

К одному из таких количественных отличий можно отнести коэффициент заполнения микропучками акватории лесохранилища, обозначенный нами буквой  $K$ . При однорядном расположении сплоточные единицы занимают не всю площадь акватории лесохранилища. Между ними остаются промежутки водной поверхности.

Если площадь микропучка в плане обозначить через  $f$ , а площадь акватории лесохранилища  $F$ , то отношение суммы площадей всех пучков  $\Sigma f$  к площади лесохранилища, занятого этими пучками, дает величину коэффициента заполнения  $K$ . Этот коэффициент показывает, какую часть площади  $F$  заполненного лесохранилища занимают микропучки.



Обработка лабораторных и натуральных результатов позволила установить закономерность в изменении коэффициента  $K$  для микропучка одинаковой длины 6,5 м в зависимости от его ширины  $B$  (рис. 1).

Другая характерная особенность процесса формирования пыжа из микропучков (в отличие от пыжа из молевой древесины) — резкое влияние степени стеснения пыжом потока на образование многорядного пыжа. Под степенью стеснения в данном случае подразумевается отношение осадки пучка  $\frac{t}{h}$ , при однорядном расположении их на акватории, к глубине потока.

Рассмотрим, как образуется многорядный пыж из микропучков. На оста-

новившуюся сплоточную единицу действует гидродинамическая сила, вызванная разностью скоростей движения потока и микропучка. При обтекании отдельного микропучка потоком силы трения составляют 6—7% от гидродинамического давления, поэтому в дальнейшем для простоты мы их не будем брать во внимание.

Для случая расположения микропучка поперек потока угол  $\alpha$  между динамической осью потока и образующей поверхности пучка равен 90°. Поэтому величина гидродинамического давления в этом случае максимальна

$$P_r = \frac{\rho}{2} \varepsilon l t V^2, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент вихревого сопротивления;

$\rho$  — плотность жидкости;

$lit$  — длина и осадка микропучка;

$V$  — скорость эксплуатационного слоя потока.

Исследования [1], [2] показывают, что при обтекании бревен, стоящих у неподвижной преграды, равнодействующая сила гидродинамического давления направлена внутрь потока (рис. 2). Подныривание микропучка осуществляется в результате начального крена, возникающего при резком торможении и остановке его у препятствия.

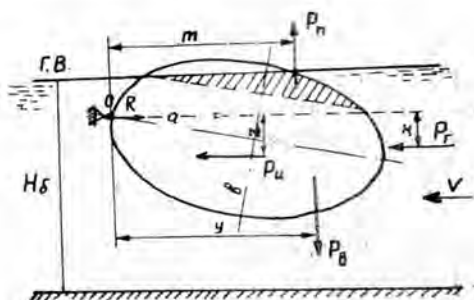


Рис. 2. Схема действующих сил на микропучок, стоящий у преграды.

Если угол крена больше некоторого критического, микропучок заглубляется, вращаясь вокруг точки опоры.

Отрицательные заглубляющие моменты, создающие угол крена, вызываются силами инерции микропучка, вертикальной и горизонтальной составляющими гидродинамического давления.

Вертикальная составляющая возникает в результате несимметричного распределения давления по нижней обмываемой поверхности микропучка. Она пропадает при обтекании потоком полностью заглубленного микропучка. Этим объясняется тот факт, что стоящие у опорной грани микропучки часто совершают колебательные движения, выныривая тотчас после погружения.

Положительный (восстанавливающий) момент обусловлен запасом плавучести микропучка

$$P_n = (\gamma - \gamma_d) \pi a b l \eta, \quad (2)$$

где  $\gamma$  и  $\gamma_d$  — удельный вес воды и древесины;

$a, b, l$  — полуоси микропучка и его длина;

$\eta$  — коэффициент объемной полндревесности микропучка.

Согласно рис. 2, составим уравнение моментов относительно точки O

$$\frac{y P_r + x P_b + z P_n}{m P_n} = 1. \quad (3)$$

Представим величину вертикальной составляющей  $P_b$  в долях от  $P_r$ . Тогда, учитывая равенства (1) и (2), получим

$$\frac{y \eta \pi a b l \frac{V^2}{2g} + x n \gamma_d \pi a b l \frac{V^2}{2g} + z P_n}{m (\gamma - \gamma_d) \pi a b l \eta} = 1, \quad (4)$$

где  $P_n$  — сила инерции микропучка;

$y, x, z, m$  — плечи приложенных сил относительно точки O.

Точка приложения силы инерции микропучка, имеющего  $\gamma_d < 1$ , расположена несколько ниже центра тяжести сечения микропучка, так

как надводная часть не имеет присоединенной массы воды. В нашем случае момент, возникший в результате силы инерции, не вызывает дополнительного угла крена. Импульс силы, действующей в момент соприкосновения микропучка с преградой, прекращается ранее, чем достигается начальный угол крена под действием сил  $P_r$  и  $P_a$ , потому что максимум этих сил возникает с момента полной остановки микропучка. Доказательство данного положения мы не приводим в связи с ограниченными объемом статьи.

Учитывая сказанное, равенство (4) можно записать так:

$$\frac{x + yn}{m} = \frac{\gamma t l \frac{V^2}{2g}}{(\gamma - \gamma_d) \pi a b l \gamma} = 1. \quad (4a)$$

При небольшом угле крена величина  $t$  становится равной  $2b$ . Произведя сокращения и выразив величину  $a$  через коэффициент формы и осадку микропучка, получим

$$\frac{\gamma_d}{\gamma - \gamma_d} \frac{2\xi V^2}{\pi c t \gamma g} \left[ \varepsilon \left( \frac{x + yn}{m} \right) \right] = 1, \quad (4б)$$

здесь  $c$  — коэффициент соотношения осей.

Выражение в квадратных скобках обозначим через  $A$  и окончательно запишем

$$\frac{\gamma_d}{\gamma - \gamma_d} \cdot \frac{2\xi V^2}{\pi c t \gamma g} A = 1. \quad (5)$$

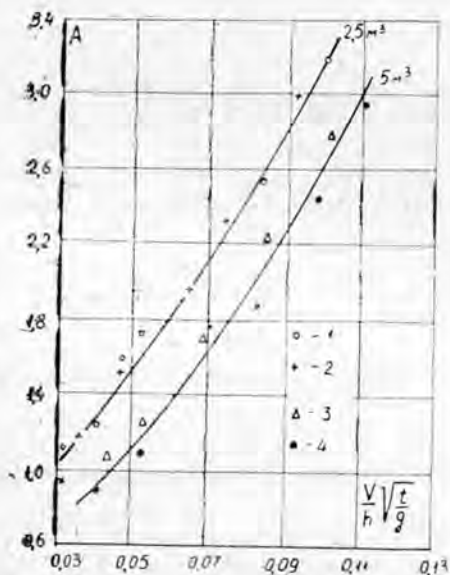


Рис. 3. Изменение величины  $A$  в зависимости от параметра

$$\frac{V}{h} \sqrt{\frac{t}{g}}$$

1 и 3 —  $\gamma_d = 0,80$  т/м<sup>3</sup>;

2 и 4 —  $\gamma_d = 0,90$  т/м<sup>3</sup>.

На условие подныривания микропучка в значительной мере влияет расположение точки соприкосновения его с преградой. В данном случае некоторое отклонение точки соприкосновения от оси  $2a$  учитывается опытным коэффициентом  $A$ .

Экспериментальный материал позволил определить критические значения  $A = f\left(\frac{V}{h} \sqrt{\frac{t}{g}}\right)$  для микропучков объемом 2,5—5 м<sup>3</sup> (рис. 3). График построен для среднего объемного веса древесины  $\gamma_d = 0,85$  т/м<sup>3</sup>.

Для определения рядности пыжа нужно, согласно расчетным данным, найти коэффициент  $A$ . Если при подстановке в формулу (5) левая часть окажется больше 1, то пыж будет формироваться многорядным.

При выводе формулы (5) был учтен факт, что она должна служить критерием для постановки лежневой или лежнево-сетчатой запа-ни, поэтому к однорядному был отнесен пыж, имеющий сильное ребре-ние, но исключающий подныривание пучков под верхний ряд.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Н. Панов. Формирование и давление бревенного пыжа на поперечную запа-нь. Сборник научных трудов по лесосплаву, № 9, изд-во «Лесная промышлен-ность», 1968. [2]. Б. Г. Сизов. Влияние объемного веса сплавляемой древесины на угол установки направляющего бона в потоке. Сб. «Лиственница», № 3, Сибирский технологический институт, Красноярск, 1968.

Поступила 22 февраля 1972 г.

УДК 629.11.012.814

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТОТ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛЕСОВОЗНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г. К. ЛЕНИУК

Пермский политехнический институт

Статья посвящена вопросу о простейшем определении соб-ственных частот системы без использования уравнений ее движения. Показана возможность выражения собственных частот системы с  $n$  степенями свободы через ее параметры без численного решения векового уравнения.

При проектировании лесовозного подвижного состава и для успеш-ной его эксплуатации необходимо располагать данными о собственных частотах вагона-сцепы.

Отдельные элементы, например, параметры гасителей колебаний, без этих данных вообще невозможно правильно установить. Обычный прием, применяемый для нахождения собственных частот вагона-сцепы, заключается в составлении дифференциальных уравнений движения связанной системы.

Проф. С. А. Бернштейн показал, что собственные частоты системы определяются ее статическими прогибами, и, следовательно, для ре-шения поставленной задачи нет необходимости получать уравнения движения.

Не менее очевидно, что в общем случае собственные частоты систе-мы определяются ее энергетическими характеристиками, и получение уравнений движения следует считать путем не кратчайшим, а обходным.

Рассмотрим свободные колебания консервативной механической системы с  $n$  степенями свободы вблизи ее устойчивого положения рав-новесия. Пусть независимые обобщенные координаты системы  $q_1, q_2, \dots, q_n$  задаются от положения равновесия. Тогда удвоенная кинети-ческая энергия системы представится в виде квадратичной формы от-носительно обобщенных скоростей  $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n$

$$2T = \sum_{i, k=1}^n b_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k \quad (b_{ik} = b_{ki}; \quad i, k = 1, 2, \dots, n)$$

с вещественной симметрической матрицей  $B = \| b_{ik} \|_1$ .

Удвоенная потенциальная энергия системы представится в виде квадратичной формы относительно обобщенных координат  $q_1, q_2, \dots, q_n$

$$2\Pi = \sum_{i, k=1}^n a_{ik} q_i q_k \quad (a_{ik} = a_{ki}; \quad i, k = 1, 2, \dots, n)$$

с вещественной симметрической матрицей  $A = \| a_{ik} \|_1^n$ .

Так как форма  $2T$ , а вообще говоря, и  $2\Pi$  положительно определенные [1], то характеристическое уравнение пары наших форм

$$\det(A - \lambda B) = |A - \lambda B| = 0. \quad (1)$$

Относительно квадрата частоты  $\lambda = k^2$  оно является вековым уравнением, которое доставит  $n$  искомым собственным частот.

Попутно отметим, что при любых неособенных линейных преобразованиях наших форм характеристические числа  $\lambda$ , удовлетворяющие уравнению (1), не изменяются. Это и есть простейшее доказательство инвариантности частот.

Пример. Пусть система с двумя степенями свободы состоит из масс  $m_1$  и  $m_2$ , расположенных на горизонтальной плоскости (трением пренебрегаем) и соединенных пружиной жесткости  $c_2$ . Масса  $m_1$  прикреплена к неподвижному упору пружиной жесткости  $c_1$ .

Принимая за обобщенные координаты соответственно  $y_1$  и  $y_2$  (смещения масс от положения равновесия) и учитывая, что  $\lambda = k^2$ , имеем

$$2T = m_1 \dot{y}_1^2 + m_2 \dot{y}_2^2; \quad B = \begin{vmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{vmatrix};$$

$$2\Pi = c_1 y_1^2 + c_2 (y_2 - y_1)^2 = (c_1 + c_2) y_1^2 + c_2 y_2^2 - 2c_2 y_1 y_2;$$

$$A = \begin{vmatrix} (c_1 + c_2) & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{vmatrix};$$

$$|A - \lambda B| = \begin{vmatrix} (c_1 + c_2 - m_1 k^2) & -c_2 \\ -c_2 & (c_2 - m_2 k^2) \end{vmatrix} = 0,$$

откуда

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right)} - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right)^2 - \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2}} \\ k_2 &= \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right)} + \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right)^2 - \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Применительно к лесовозному вагону-сцепу, вводя обобщенные координаты  $z_1, z_2, z_3, \varphi_1, \varphi_2$  [3], [4], [5], получим

$$\left. \begin{aligned} 2T &= a_{11} \dot{z}_1^2 + 2a_{12} \dot{z}_1 \dot{z}_2 + 2a_{13} \dot{z}_1 \dot{z}_3 + a_{22} \dot{z}_2^2 + 2a_{23} \dot{z}_2 \dot{z}_3 + a_{33} \dot{z}_3^2 + I_1 \dot{\varphi}_1^2 + I_2 \dot{\varphi}_2^2 \\ 2\Pi &= b_{11} z_1^2 + b_{22} z_2^2 + b_{33} z_3^2 + \gamma_{11} \varphi_1^2 + \gamma_{22} \varphi_2^2 - 2\gamma_{31} z_3 \varphi_1 - 2\gamma_{32} z_3 \varphi_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тогда

$$B = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_2 \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} & -\gamma_{31} & -\gamma_{32} \\ 0 & 0 & -\gamma_{31} & \gamma_{11} & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_{32} & 0 & \gamma_{22} \end{vmatrix} \quad (4)$$

и вековое уравнение примет вид



$$\begin{vmatrix} (b_{11} - a_{11}k^2) & -a_{12}k^2 & -a_{13}k^2 & 0 & 0 \\ -a_{12}k^2 & (b_{22} - a_{22}k^2) & -a_{23}k^2 & 0 & 0 \\ -a_{13}k^2 & -a_{23}k^2 & (b_{33} - a_{33}k^2) & -\gamma_{31} & -\gamma_{32} \\ 0 & 0 & -\gamma_{31} & (\gamma_{11} - I_1k^2) & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_{32} & 0 & (\gamma_{22} - I_2k^2) \end{vmatrix} = 0. \quad (5)$$

Этим исчерпывается вопрос для систем с небольшим числом степеней свободы.

В случае систем с большим числом степеней свободы для численного решения задачи наиболее эффективен метод акад. А. Н. Крылова. Очень часто техников интересуют не только собственные частоты существующих систем, но и проектируемых, и, таким образом, весьма желательно знать выражение частот через параметры системы. В случае, когда техник не довольствуется одним численным решением векового уравнения, метод Якоби является едва ли не единственным.

В «нормальных» координатах собственные частоты системы определяются главной диагональю определителя (1). Для этого квадратичные формы  $2T$  и  $2\Pi$  должны представляться суммами квадратов, причем первая из них — единичной [1]

$$\sum_{k=1}^n \dot{q}_k^2, \quad \sum_{k=1}^n \lambda_k q_k^2.$$

Привести форму  $2T$  к единичной сумме довольно просто, предварительно используя, например, метод Лагранжа.

Последующая попытка привести форму  $2\Pi$  ортогональным преобразованием к сумме квадратов столкнет нас все с той же задачей решения векового уравнения. Сущность метода Якоби состоит в том, чтобы делать это преобразование не сразу, а постепенно, обращая в нуль наибольший по абсолютной величине элемент определителя (1), стоящий вне диагонали. Таким образом, определитель (1) может быть приведен сколь угодно близко к диагональному виду. Пусть

$$2T = \sum_{k=1}^n \dot{q}_k^2 \quad \text{и} \quad 2\Pi = \sum_{i,k=1}^n a_{ik} q_i q_k \quad (a_{ik} = a_{ki}; \quad i, k = 1, 2, \dots, n).$$

Обозначим в форме  $2\Pi$  коэффициент при произведении двух переменных  $a_{12}$ , тогда в этой форме трехчлен, содержащий только эти две переменные, будет

$$a_{11}q_1^2 + 2a_{12}q_1q_2 + a_{22}q_2^2. \quad (6)$$

Вместо переменных  $q_1$  и  $q_2$  введем переменные  $r_1$  и  $r_2$  простейшей ортогональной подстановкой

$$\begin{cases} q_1 = r_1 \cos \varphi - r_2 \sin \varphi \\ q_2 = r_1 \sin \varphi + r_2 \cos \varphi. \end{cases} \quad (7)$$

Тогда в форме  $2T$  сумма  $\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2$  заменится суммой  $\dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2$  и выражение  $2T$  после преобразования при любом  $\varphi$  будет

$$2T = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{q}_3^2 + \dot{q}_4^2 + \dots + \dot{q}_n^2.$$

Если угол  $\varphi$  [2] выбрать так, чтобы имело место

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2a_{12}}{a_{11} - a_{22}}, \quad (8)$$

то после преобразования, как показал А. Н. Крылов, в выражении  $2\Pi$  член с  $r_1 r_2$  обратится в нуль, так что

$$\left. \begin{aligned} a_{11}q_1^2 + 2a_{12}q_1q_2 + a_{22}q_2^2 &= b_{11}r_1^2 + b_{22}r_2^2 \\ b_{11} &= \frac{a_{11} + a_{22}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{12}^2} \\ b_{22} &= \frac{a_{11} + a_{22}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{12}^2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Наконец, нам потребуются еще выражения коэффициентов как типичных для изменяющихся при преобразовании и остающихся после его выполнения. Они выведены А. Н. Крыловым

$$\left. \begin{aligned} 2a_{1k}q_1q_k + 2a_{2k}q_2q_k &= 2b_{1k}r_1q_k + 2b_{2k}r_2q_k \\ b_{1k} &= a_{1k} \cos \varphi + a_{2k} \sin \varphi \\ b_{2k} &= a_{2k} \cos \varphi - a_{1k} \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

После преобразования форма  $2\Pi$  будет

$$\begin{aligned} 2\Pi &= b_{11}r_1^2 + b_{22}r_2^2 + a_{33}q_3^2 + \dots + a_{nn}q_n^2 + \\ &+ 2b_{13}r_1q_3 + \dots + 2b_{1n}r_1q_n + \\ &+ 2b_{23}r_2q_3 + \dots + 2b_{2n}r_2q_n + \\ &+ 2a_{34}q_3q_4 + \dots + 2a_{3n}q_3q_n + \\ &+ \dots + 2a_{n-1, n}q_{n-1}q_n \end{aligned}$$

Выбрав в этой форме наибольший по абсолютной величине коэффициент при произведении двух переменных, выполняем подобное преобразование снова, получаем новую форму и продолжаем таким образом, пока не дойдем до формы вида

$$2\Pi = \sum_{k=1}^n m_{kk}v_k^2 + \sum m_{ik}v_i v_k,$$

причем все коэффициенты  $m_{ik}$  будут настолько малы по сравнению с коэффициентами  $m_{11}, m_{22}, \dots, m_{nn}$ , что сумму  $\sum m_{ik} v_i v_k$  можно пренебречь.

В приведенном выше примере, полагая

$$q_1 = \sqrt{m_1} y_1; \quad q_2 = \sqrt{m_2} y_2,$$

имеем

$$\begin{aligned} 2T &= \dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2; \\ 2\Pi &= \frac{c_1 + c_2}{m_1} q_1^2 + \frac{c_2}{m_2} q_2^2 - 2 \frac{c_2}{\sqrt{m_1 m_2}} q_1 q_2. \end{aligned}$$

Применяем преобразование (7). Тогда

$$2T = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2.$$

Выбирая  $\varphi$  так, чтобы имело место равенство (8), по (9) получим

$$\begin{aligned} 2\Pi &= \left[ \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} + \frac{1}{2} \sqrt{\left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} - \frac{c_2}{m_2} \right)^2 + 4 \frac{c_2^2}{m_1 m_2}} \right] r_1^2 + \\ &+ \left[ \frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} - \frac{1}{2} \sqrt{\left( \frac{c_1 + c_2}{m_1} - \frac{c_2}{m_2} \right)^2 + 4 \frac{c_2^2}{m_1 m_2}} \right] r_2^2, \end{aligned}$$

откуда легко найти выражение частот (2).

Переходя ко второй части примера, заметим, что метод Якоби не требует, как некоторые другие [2], обязательного приведения к единичной сумме квадратичной формы  $2T$ , но позволяет провести подобную операцию с формой  $2\Pi$ , что в некоторых случаях существенно упрощает алгебраические выкладки. Полагая

$$\Phi_1 = \gamma_{11}\varphi_1 - \gamma_{31}z_3; \quad \Phi_2 = \gamma_{22}\varphi_2 - \gamma_{32}z_3$$

и затем

$$q_1 = \sqrt{b_{11}}z_1; \quad q_2 = \sqrt{b_{22}}z_2; \quad q_3 = \sqrt{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}}z_3;$$

$$q_4 = \sqrt{\frac{1}{\gamma_{11}}}\Phi_1; \quad q_5 = \sqrt{\frac{1}{\gamma_{22}}}\Phi_2,$$

получим

$$2\Pi = q_1^2 + q_2^2 + q_3^2 + q_4^2 + q_5^2;$$

$$2T = c_{11}\dot{q}_1^2 + c_{22}\dot{q}_2^2 + c_{33}\dot{q}_3^2 + c_{44}\dot{q}_4^2 + c_{55}\dot{q}_5^2 +$$

$$+ 2c_{12}\dot{q}_1\dot{q}_2 + 2c_{13}\dot{q}_1\dot{q}_3 +$$

$$+ 2c_{23}\dot{q}_2\dot{q}_3 +$$

$$+ 2c_{34}\dot{q}_3\dot{q}_4 + 2c_{35}\dot{q}_3\dot{q}_5,$$

$$\text{где } c_{11} = \frac{a_{11}}{b_{11}}; \quad c_{22} = \frac{a_{22}}{b_{22}}; \quad c_{33} = \frac{a_{33} + \frac{I_1\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}^2} + \frac{I_2\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}^2}}{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}};$$

$$c_{44} = \frac{I_1}{\gamma_{11}}; \quad c_{55} = \frac{I_2}{\gamma_{22}}; \quad c_{12} = \frac{a_{12}}{\sqrt{b_{11}b_{22}}}; \quad c_{13} = \frac{a_{13}}{\sqrt{b_{11}}\sqrt{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}}};$$

$$c_{23} = \frac{a_{23}}{\sqrt{b_{22}}\sqrt{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}}}; \quad c_{34} = \frac{I_1\gamma_{31}\sqrt{\gamma_{11}}}{\gamma_{11}^2\sqrt{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}}};$$

$$c_{35} = \frac{I_2\gamma_{32}\sqrt{\gamma_{22}}}{\gamma_{22}^2\sqrt{b_{33} - \frac{\gamma_{31}^2}{\gamma_{11}} - \frac{\gamma_{32}^2}{\gamma_{22}}}}.$$

Параметры лесовозного вагона-сцепы обычно таковы, что вполне удовлетворительными приближениями частот можно считать [3]:

$$\sqrt{\frac{b_{11}}{a_{11}}}; \quad \sqrt{\frac{b_{22}}{a_{22}}}; \quad \sqrt{\frac{b_{33}}{a_{33}}}; \quad \sqrt{\frac{\gamma_{11}}{I_1}}; \quad \sqrt{\frac{\gamma_{22}}{I_2}}, \quad \text{причем при } \gamma_{11} = \gamma_{22},$$

$$I_1 = I_2 \text{ и } \gamma_{31} = \gamma_{32} \text{ значение } \sqrt{\frac{\gamma_{11}}{I_1}} \text{ суть точное, в чем нетрудно}$$

убедиться, развертывая определитель (5) по последним двум строчкам. Вместо переменных  $q_1$  и  $q_2$  введем переменные  $r_1$  и  $r_2$  (7). Тогда

$$2\Pi = r_1^2 + r_2^2 + q_3^2 + q_4^2 + q_5^2;$$

$$2T = d_{11}\dot{r}_1^2 + d_{22}\dot{r}_2^2 + c_{33}\dot{q}_3^2 + c_{44}\dot{q}_4^2 + c_{55}\dot{q}_5^2 +$$

$$+ 2d_{13}\dot{r}_1\dot{q}_3 +$$

$$+ 2d_{23}\dot{r}_2\dot{q}_3 +$$

$$+ 2c_{34}\dot{q}_3\dot{q}_4 + 2c_{35}\dot{q}_3\dot{q}_5,$$

где по формулам (9)

$$d_{11} = \frac{c_{11} + c_{22}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(c_{11} - c_{22})^2 + 4c_{12}^2};$$

$$d_{22} = \frac{c_{11} + c_{22}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(c_{11} - c_{22})^2 + 4c_{12}^2};$$

по формулам (10)

$$d_{13} = c_{13} \cos \varphi + c_{23} \sin \varphi; \quad d_{23} = c_{23} \cos \varphi - c_{13} \sin \varphi.$$

Угол  $\varphi$  определяется формулой (8)

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2c_{12}}{c_{11} - c_{22}}.$$

Возьмем новое приближение. Вместо переменных  $r_1$  и  $q_3$  введем переменные  $\xi_1$  и  $\xi_3$ . Тогда

$$2\Pi = \xi_1^2 + r_2^2 + \xi_3^2 + q_4^2 + q_5^2;$$

$$\begin{aligned} 2T = & m_{11} \dot{\xi}_1^2 + d_{22} \dot{r}_2^2 + m_{33} \dot{\xi}_3^2 + c_{44} \dot{q}_4^2 + c_{55} \dot{q}_5^2 + \\ & + 2e_{12} \dot{\xi}_1 \dot{r}_2 + 2e_{14} \dot{\xi}_1 \dot{q}_4 + 2e_{15} \dot{\xi}_1 \dot{q}_5 + \\ & + 2e_{23} \dot{r}_2 \dot{\xi}_3 + \\ & + 2e_{34} \dot{\xi}_3 \dot{q}_4 + 2e_{35} \dot{\xi}_3 \dot{q}_5, \end{aligned}$$

где по формулам (9)

$$m_{11} = \frac{d_{11} + c_{33}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(d_{11} - c_{33})^2 + 4d_{13}^2};$$

$$m_{33} = \frac{d_{11} + c_{33}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(d_{11} - c_{33})^2 + 4d_{13}^2};$$

по формулам (10)

$$e_{12} = d_{23} \sin \varphi; \quad e_{14} = c_{34} \sin \varphi; \quad e_{15} = c_{35} \sin \varphi;$$

$$e_{23} = d_{23} \cos \varphi; \quad e_{34} = c_{34} \cos \varphi; \quad e_{35} = c_{35} \cos \varphi.$$

Угол  $\varphi$  определяется формулой (8)

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2d_{13}}{d_{11} - c_{33}}.$$

И так продолжается до получения желаемой точности. Например, после второго преобразования новое приближение частот будет:

$$k_1 = \sqrt{\frac{1}{m_{11}}}; \quad k_3 = \sqrt{\frac{1}{m_{33}}}; \quad k_5 = \sqrt{\frac{1}{c_{55}}}.$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{1}{d_{22}}}; \quad k_4 = \sqrt{\frac{1}{c_{44}}};$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ф. Р. Гантмахер. Теория матриц. ГИТТЛ, М., 1954. [2]. А. Н. Крылов. О численном решении уравнения, которым в технических вопросах определяются частоты малых колебаний материальных систем. «Избранные труды» АН СССР, Л., 1958. [3]. Г. К. Ленюк. Вертикальная динамика специального вагона-сцепы при вывозке

хлыстов по ужд. Материалы научно-технической конференции ЛТА, Л., 1967. [4].  
Г. К. Лениук. К вопросу о динамике сцепа-транспортера ужд. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1966. [5]. Г. К. Лениук. Некоторые вопросы вертикальной и поперечной динамики специального типа сцепа ужд. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1969.

Поступила 22 февраля 1972 г.

УДК 629.114.2<sup>4</sup>

## ОБЗОРНЫЕ КАЧЕСТВА ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА ТДТ-55

Б. П. ЕВДОКИМОВ, В. Н. ШИЛОВСКИЙ, К. Г. БЕК

КарНИИЛП

Изложены результаты экспериментальных измерений внешней обзорности трелевочного трактора ТДТ-55 с кратким описанием методики исследования, сравнительным анализом полученных результатов и выводом практических рекомендаций.

Внешняя обзорность трелевочных тракторов очень важна в связи со специфическими условиями их эксплуатации. При низких обзорных качествах машин (видимость трелевочного волока, зоны маневрирования, рабочих органов, хлыстов или деревьев, собираемых в пачку) повышается напряженность, снижается безопасность работы тракториста и чокеровщика и, как следствие, производительность и качество труда.

В статье изложены результаты экспериментальных измерений внешней обзорности трелевочного трактора ТДТ-55. Использован светотеневой метод, позволяющий условно сравнивать обзорные качества тракторов как в целом, так и по отдельным линиям обзора с поста управления.

Обзорность трактора оценивали в стационарных условиях, так как угловая скорость перемещения объектов, находящихся в поле зрения тракториста, весьма мала или равна нулю. Трактор устанавливали на

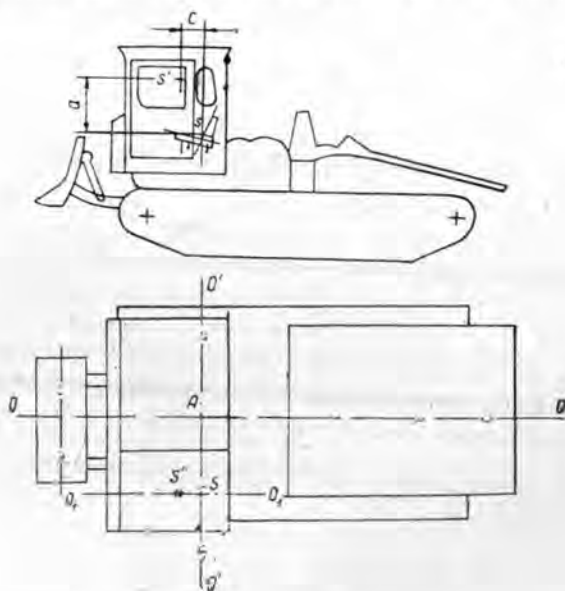


Рис. 1. Схема трелевочного трактора.

выровненную горизонтальную площадку  $40 \times 20$  м, разделенную на квадраты со стороной 2 м. Отклонение от горизонтали не превышало  $3-5^\circ$ . Продольная и поперечная оси трактора совмещались в плане с осями симметрии площадки  $OAO$  и  $O'A'O'$ , а точка  $S$  — с осью  $O'A'O'$  (рис. 1).

Геометрическая точка  $S$  определяется пересечением вертикальной продольной плоскости сидения с плоскостями, касательными к подушке и спинке. Положение уровня глаз тракториста  $S'$  на месте управления определено координатами:  $a = 750$  мм и  $C = 150$  мм (рис. 1). С целью упрощения без заметной погрешности точки  $S$  и  $S'$  в плане приняты совмещенными.

В точке  $S'$  поста управления трактора подвешивали электролампу мощностью 200 вт. При включении ее ночью на поверхности грунта возникал четкий теневой силуэт машины. Конфигурацию силуэта в масштабе переносили на график. Теневой силуэт трактора показан на рис. 2 (штрих-пунктирная линия — при опущенном щите). Для исследуемого трактора были выделены основные секторы обзора в плане, для которых определяли средний параметр  $K$  оценки обзорности в линейной системе.

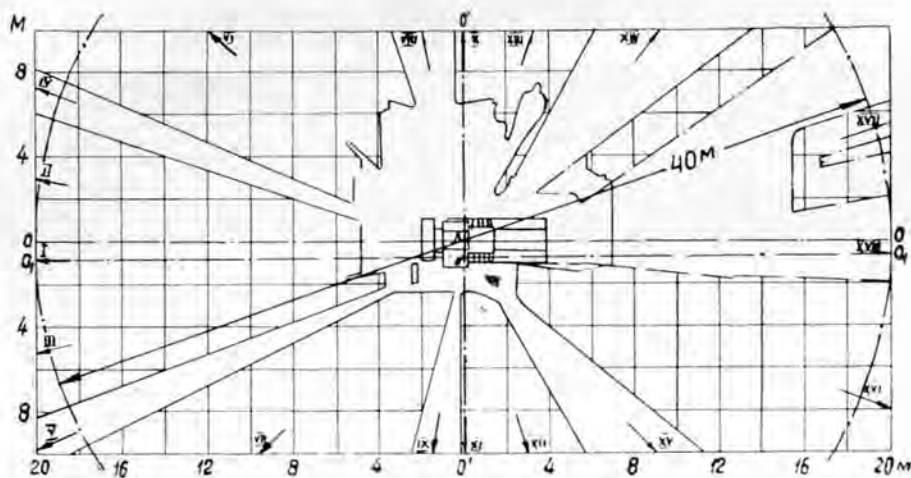


Рис. 2

В табл. 1 приведены характеристики основных секторов обзора и указаны постоянные объекты наблюдения, являющиеся элементами рабочего процесса.

Условно принимали, что в любой момент времени видимость фронта работ по сбору и транспортировке пачки хлыстов или деревьев ограничивалась окружностью радиусом 20 м. Указанное допущение было принято с учетом практики вождения тракторов и общих рекомендаций [2].

Степень видимости объектов рабочего процесса по отдельным направлениям характеризуется параметром обзорности в линейной системе, определяемым по формуле

$$K = \frac{r - h \cdot \frac{l}{b}}{r},$$

где  $r$  — радиус условной окружности, ограничивающий зону маневрирования трактора на грунте;

$h$  — высота точки  $S'$  над опорной поверхностью трактора;  
 $l$ ;  $b$  — соответственно линейные размеры по горизонтали и вертикали от точки  $S'$  до данной точки контура машины.

Таблица 1

Сектор обзора (рис. 2)	Характеристика	Объект наблюдения
I	По направлению движения вперед, совпадающему с $SO_1$	Волок, зона маневрирования, орудие передней навески (боковая часть)
II	Под углом $1-20^\circ$ к $SO_1$ вперед от машины вправо	Зона маневрирования, волок, орудие передней навески, обрабатываемый материал (выравниваемые хлысты или грунт)
III	То же вперед от машины влево	
IV	Под углом $21-25^\circ$ к $SO_1$ вперед от машины вправо	
V	То же вперед от машины влево	
VI	Под углом $26-85^\circ$ к $SO_1$ вперед от машины вправо	
VII	То же вперед от машины влево	
VIII	Под углом $86-89^\circ$ к $SO_1$ вперед от машины вправо	Зона маневрирования, части кабины, капот
IX	То же вперед от машины влево	Зона маневрирования (объекты, окружающие волок слева)
X	Перпендикулярно направлению движения машины вправо	Зона маневрирования, кабина, капот (объекты, окружающие волок справа)
XI	То же влево	Зона маневрирования (объекты, окружающие трактор слева)
XII	Под углом $91-121^\circ$ к $SO_1$ назад от машины влево	
XIII	То же вправо	Технологическое оборудование, зона маневрирования
XIV	Под углом $121-141^\circ$ к $SO_1$ назад от машины вправо	Технологическое оборудование, трелюемые хлысты, чоковерщик
XV	То же влево	Трелюемые хлысты, чоковерщик, технологическое оборудование
XVI	Под углом $141-175^\circ$ к $SO_1$ назад от машины влево	
XVII	То же вправо	Технологическое оборудование, трелюемые хлысты, чоковерщик
XVIII	Противоположно направлению движения вперед, совпадающему с $SO_1$	Трелюемая или транспортируемая пачка хлыстов (деревьев), зона маневрирования, дорога по следу, трелевочное оборудование

Средние значения полученных линейных параметров для принятых секторов обзорности исследуемого трелевочного трактора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сектор обзора	Средние значения линейных параметров $K$	Сектор обзора	Средние значения линейных параметров $K$
По направлению движения вперед		Перпендикулярно направлению движения	
I	0,76	X	0,68
II	0,72	XI	0,87
III	0,79	Противоположно направлению движения	
IV	0,00	XII	0,86
V	0,00	XIII	0,55
VI	0,73	XIV	0,23
VII	0,82	XV	0,39
VIII	0,46	XVI	0,85
IX	0,53	XVII	0,64(0,20*)
		XVIII	0,65(0,00*)

\* Значения  $K$  при опущенном щите.

Отношение величины площади видимых участков грунта в пределах условно принятой зоны обзорности к величине площади всей зоны названо общим коэффициентом обзорности  $K_0$ . По аналогии определяли коэффициенты обзорности сзади  $K_3$  и спереди  $K_n$  для площадей, расположенных по обе стороны от оси  $O'SO'$ , в квадратичной прямоугольной системе. Значения полученных коэффициентов, раскрывающих общую количественную характеристику обзорных качеств рассматриваемого трактора, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Положение щита	Значения параметров обзорности в квадратичной системе		
	$K_n$	$K_3$	$K_0$
Поднятый	0,75	0,74	0,75
Опущенный	0,75	0,53	0,64

Известно, что при коэффициентах обзорности  $K_0$ ,  $K_3$  и  $K$  менее 0,6 дается оценка неудовлетворительно; 0,6—0,8 — удовлетворительно; более 0,9 — хорошо; для коэффициента  $K_n$  менее 0,5 — неудовлетворительно; 0,5—0,7 — удовлетворительно; более 0,7 — хорошо [1].

Из данных табл. 3 видно, что обзорность условной зоны маневрирования, на фоне которой раскрывается видимость всех объектов рабочего процесса, по следу машины ( $K_3$ ) на тракторе ТДТ-55 может быть оценена лишь удовлетворительно, по направлению движения вперед ( $K_n$ ) — хорошо. Обзорность трактора с опущенным щитом, характеризуемая коэффициентом  $K_3$ , равным 0,53, в соответствии с принятой шкалой оценки неудовлетворительна. Кроме того, сравнение показывает, что обзорность машины с опущенным щитом, характеризуемая коэффициентом  $K_0$ , равным 0,64, на 14,6% хуже, чем у трактора с поднятым щитом.

Исследуемый трактор имеет хорошую обзорность в направлении по секторам XI, XII, XVI, VII ( $K = 0,82 \div 0,87$ ). По секторам IV, V,



VIII, XIV, XV, а также при опущенном щите по секторам XVII, XVIII обзорные качества неудовлетворительны ( $K = 0,00 \div 0,53$ ).

Благодаря своеобразной установке кабины трактора, значение параметра  $K$  по линии обзора XI весьма высоко (0,87), но для площадей, расположенных с противоположной стороны трактора по линии X, величина  $K$  оказалась ниже на 22%.

Измерения позволяют сделать следующие практические выводы. После подтаскивания хлыстов или деревьев к трактору на расстояние меньше 10—12 м тракторист теряет контроль за трелеваемой пачкой; на этом отрезке пути за процессом трелевки должен наблюдать чокеровщик. Для обеспечения хороших визуальных условий сигнализации и избежания случаев травматизма он должен находиться преимущественно в тех секторах зоны работ, обзорные качества которых более удовлетворительны. Предпочтителен сектор XVI, неподходящие секторы, расположенные справа сзади и сбоку трактора, а также зона в пределах 10—12 м по направлению движения назад (особенно при опущенном щите).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Ф. Волков. Изучение обзорных качеств промышленных тракторов. Журн. «Тракторы и сельхозмашины» № 8, 1970. [2]. А. С. Торопов и др. Техника безопасности при эксплуатации основных строительных машин. Изд-во литературы по строительству, М., 1967.

Поступила 28 октября 1971 г.

УДК 624.138

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ АЛЮМОФТОРФОСФАТНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

Э. А. СЕЛЕЗНЕВА

Московский лесотехнический институт

Исследована возможность замены дорогостоящей технической фосфорной кислоты полуфабрикатом в виде экстракционной фосфорной кислоты, неочищенной от производственных примесей. Установлены оптимальные дозировки экстракционной кислоты и выявлено количественное преимущество ее по сравнению с технической. Определены физико-механические показатели грунтофосфатных образцов и технико-экономическая эффективность применения  $H_3PO_4$  экстракционной как реагента для обработки глинистых грунтов.

При отсутствии в непосредственной близости от трасс лесовозных дорог природных каменных дорожно-строительных материалов экономически целесообразно укреплять местные грунты вяжущими материалами.

Укрепление тяжелых глинистых грунтов (с числом пластичности более 12) — задача трудная. В то же время эти грунты отличаются высокой химической активностью, и даже небольшие добавки веществ, содержащих фосфат-ионы, способствуют заметному улучшению физико-механических свойств. К числу таких веществ, как известно, относится техническая фосфорная кислота и ее производные [3]. Однако высокая ее стоимость и ограниченный отпуск для целей дорожного строительства вызывают необходимость изыскать реагент из числа отходов или полуфабрикатов химической продукции более эффективный, недефицитный,

Наименование грунтов и их местонахождение	Гранулометрический состав, %, по фракциям, мм					
	>2,00	2,00—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,002
Суглинок тяжелый пылеватый (лабораторный № 8, генетический горизонт В <sub>2</sub> , глубина залегания 0,3—0,8 м; Московская область, пос. Шаховское) . . . . .	3,5	5,1	5,9	17,3	12,0	26,2
Супесь пылеватая (лабораторный № 6, генетический горизонт В <sub>2</sub> , глубина залегания 0,25—0,5 м; Владимирская область, Александровский леспромхоз, в/д Балакирево-Ивановское, ПК 39—ПК 40) . . . . .	1,7	5,2	13,3	33,4	29,6	8,6
Супесь легкая пылеватая (лабораторный № 9, генетический горизонт В <sub>1</sub> , глубина залегания 0,15—0,3 м; Московская область, пос. Шаховское) . . . . .	6,0	27,0	24,0	17,0	15,0	5,0

и относительно недорогой. Им может быть экстракционная фосфорная кислота, неочищенная от производственных примесей и содержащая около 2% соединений фтора.

Укрепление глинистых грунтов фосфатными вяжущими основано на химическом поглощении фосфат-ионов коллоиднодисперсной частью грунтов с образованием полиминерального комплекса водостойчивых соединений [2]. При использовании в качестве реагента экстракционной фосфорной кислоты укрепляющее действие на грунт фосфатных композиций дополняется синтезом алюмофторсиликатных составляющих с образованием сложного вяжущего, названного алюмофторфосфатным.

Одна из основных задач нашего исследования — установить эффективность экстракционной фосфорной кислоты и определить количественные показатели, подтверждающие ее преимущества перед технической кислотой.

Характеристика свойств применявшихся грунтов приведена в табл. 1. Приготовление смесей, формирование образцов и их испытания производили по общепринятой методике [1]. В качестве реагентов применяли экстракционную 38%-ной концентрации и техническую — термическую (ГОСТ 10678—63) 85%-ной концентрации фосфорную кислоту. Дозировка вводимой в грунт кислоты составляла 1; 2; 3; 4; 5; 6 и 7% от веса грунта в пересчете на сухое вещество. Физико-механические свойства грунтофосфатных смесей (при одном и том же расходе реагента) зависят от содержания в них воды, поэтому количество, требуемое для доувлажнения смеси, определяли по формуле

$$W_{т.д} = W_{оп} - (W_e + W_k) \pm 2\%$$

где  $W_{т.д}$  — требуемое доувлажнение смеси, %;

$W_{оп}$  — оптимальная влажность грунтов, %;

$W_e$  — естественная влажность грунта, %;

$W_k$  — количество воды, находящейся в экстракционной фосфорной кислоте, %.

Таблица 1

	Максимальная молекулярная влагоемкость	Характеристика пластичности			Стандартное уплотнение			
		граница текучести, %	граница раскатывания, %	число пластичности	оптимальная влажность, %	объемный вес скелета, г/см <sup>3</sup>	удельный вес твердой фазы, г/см <sup>3</sup>	pH солевой вытяжки
<0,002								
30,0	14,5	31,1	18,4	13,0	15,5	1,87	2,75	6,1
8,9	12,7	21,9	15,1	6,8	13,0	1,67	2,69	7,0
6,0	9,7	17,0	13,0	4,0	10,4	1,66	2,03	7,0

Результаты определения эффективности реагентов приведены на рис. 1, из которого видно, что прочность образцов, укрепленных экстракционной кислотой, на 18—30% выше, чем обработанных термической кислотой. Это связано с тем, что при обработке образцов экстракционной фосфорной кислотой образуется дополнительный фтор-

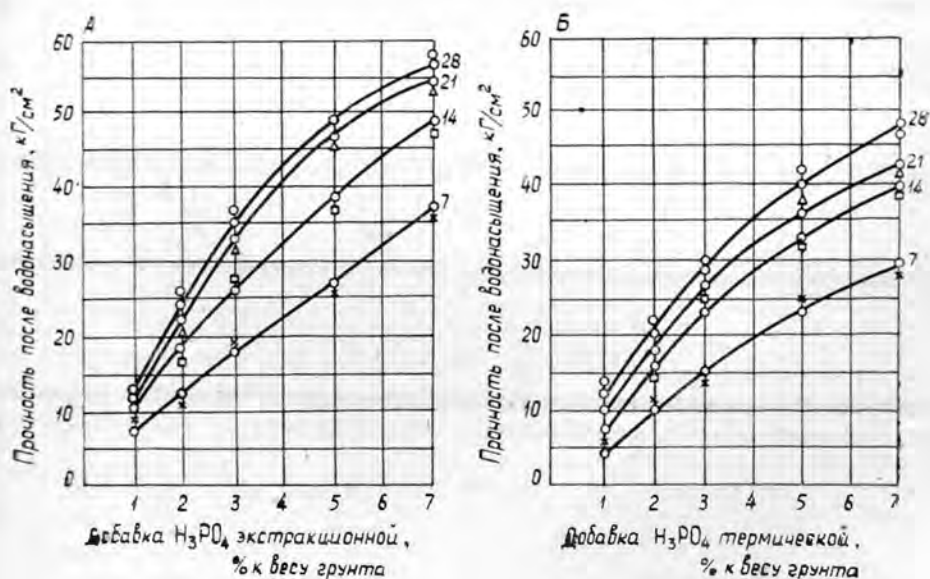


Рис. 1. Цифры у кривых — время (в сутках) выдерживания образцов в эксикаторе.

Таблица 2

Продолжительность хранения образцов в эксикаторе, сутки	Корреляционные уравнения	Коэффициент корреляции
Обработка $H_3PO_4$ термической		
7	$\sigma = +0,24x^2 + 1,131x + 9,575$	+0,995
14	$\sigma = +2,65x^2 - 22,24x + 66,05$	+0,989
21	$\sigma = -0,155x^2 + 5,26x + 13,65$	-0,951
28	$\sigma = -0,1122x^2 + 5,65x + 13,87$	+0,985
Обработка $H_3PO_4$ экстракционной		
7	$\sigma = -0,035x^2 + 5,42x + 0,819$	+0,998
14	$\sigma = -0,349x^2 + 9,168x + 1,21$	+0,997
21	$\sigma = -0,831x^2 + 13,63x - 0,41$	+0,953
28	$\sigma = -0,771x^2 + 13,48x + 1,633$	+0,976

содержащий комплекс водоустойчивых соединений, играющий роль дополнительной интенсифицирующей добавки.

Из данных табл. 2 можно сделать вывод, что кинетика твердения грунтофосфатных образцов отражается параболической зависимостью.

Таблица 3

Наименование грунта	Дозировка $H_3PO_4$ , % от веса грунта	$\sigma W$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma W$ , кг/см <sup>2</sup>	W, %	$\sigma W$ , кг/см <sup>2</sup>	W, %	$E W$ , кг/см <sup>2</sup>	
			замораживание—оттаивание		водонасыщение—высушивание			
Суглинок тяжелый пылеватый . . . . .	3	$\frac{22}{32}$	$\frac{10}{16}$	$\frac{3,8}{4,0}$	$\frac{12}{26}$	$\frac{3,6}{3,5}$	$\frac{700}{800-1200}$	
		$\frac{33}{41}$	$\frac{18}{28}$	$\frac{3,5}{3,3}$	$\frac{28}{31}$	$\frac{2,6}{2,8}$	$\frac{900-1200}{1000-2500}$	
	7	$\frac{43}{58}$	$\frac{22}{30}$	$\frac{2,9}{2,6}$	$\frac{32}{40}$	$\frac{2,1}{1,97}$	$\frac{1500-2000}{2000-3000}$	
		—	—	—	—	—	—	
	Супесь тяжелая пылеватая	3	$\frac{—}{17}$	$\frac{—}{12}$	—	$\frac{—}{14}$	—	$\frac{—}{850}$
		5	$\frac{—}{29}$	$\frac{—}{20}$	—	$\frac{—}{25}$	—	$\frac{—}{1400}$
7		$\frac{—}{40}$	$\frac{—}{24}$	—	$\frac{—}{36}$	—	$\frac{—}{1500}$	
Супесь пылеватая . . . . .	3	$\frac{8}{10}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{4,0}{4,9}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{3,9}{4,6}$	$\frac{300}{450}$	
		$\frac{13}{15}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{3,4}{4,1}$	$\frac{10}{14}$	$\frac{3,8}{3,5}$	$\frac{600}{700}$	
	5	$\frac{21}{27}$	$\frac{12}{16}$	$\frac{3,6}{3,8}$	$\frac{15}{18}$	$\frac{3,4}{3,3}$	$\frac{840}{1200}$	
		—	—	—	—	—	—	

Примечание. В числителе данные для образцов, обработанных термической кислотой; в знаменателе — экстракционной.

Кроме того, характерно высокое значение ординат (прочности) и быстрое возрастание во времени для всей области эксперимента.

Физико-механические свойства укрепленных грунтов определяли в лабораторных условиях в соответствии с общепринятой методикой испытаний (СН-25—64 и ВСН-23—65); основными показателями приняты предел прочности при сжатии и модуль деформации водонасыщенных образцов.

Как следует из табл. 3, для грунтовых смесей, обработанных добавками экстракционной фосфорной кислоты, предел прочности при сжатии  $\sigma_w$  и модуль деформации водонасыщенных образцов  $E_w$  после пяти циклов замораживания — оттаивания и водонасыщения — высушивания в 1,3—1,5 раза больше, чем в случае применения термической кислоты. Лучше и водные свойства материала, что подтверждается данными о водопоглощении образцов  $W$ . Водопоглощение образцов из грунтофосфатных смесей, приготовленных с добавками экстракционной фосфорной кислоты (табл. 4), вполне удовлетворительно. Так, водопоглощение образцов эксикаторного хранения не превышает  $0,2 W_{оп}$ , а аналогичный показатель для сухих образцов примерно равен  $0,5—0,7 W_{оп}$ , что свидетельствует о значительной гидрофобности материала или снижении гидрофильных свойств обработанного реагентом грунта. Коэффициенты структурного упрочнения грунта  $K_y$  и водоустойчивости  $K_v$  выше для тяжелых глинистых грунтов. Отсюда можно сделать вывод о целесообразности использования реагента для обработки глинистых грунтов.

Таблица 4

Наименование грунта	Дозировка $H_3PO_4$ , % от веса грунта	$W_э$ , %	$F_{сж}$	$\sigma_{сж}$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma_э$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma_w$ , кг/см <sup>2</sup>	$K_y = \frac{\sigma_э}{\sigma_{сж}}$	$K_v = \frac{\sigma_w}{\sigma_э}$
Суглинок тяжелый пылеватый (некарбонатный)	0	—	—	17,5	—	—	—	—
	3	2,8	8,0	—	65	39	3,7	0,39
	5	2,5	7,9	—	95	49	5,4	0,52
	7	2,1	8,7	—	120	58	6,9	0,48
Супесь легкая пылеватая (некарбонатная)	0	—	—	22,5	—	—	—	—
	3	1,98	6,7	—	28	12,8	2,13	0,27
	5	1,7	6,0	—	54	18,0	2,4	0,33
	7	1,5	5,8	—	56	27,6	2,5	0,49

Примечание.  $W_э$  — водопоглощение по весу образцов эксикаторного хранения, %;  $W_c$  — то же сухих образцов, %;  $\sigma_{сж}$  — предел прочности при сжатии образцов эксикаторного хранения из естественного грунта;  $\sigma_э$  — то же образцов из укрепленного грунта. Образцы перед испытаниями выдерживали 28 суток в эксикаторе, а затем погружали в воду на 24 часа (при определении  $\sigma_w$ ,  $W_э$  и  $W_c$ ).

Выполненные исследования позволяют при оценке качества полученного материала предъявлять к нему те же требования, что для грунтоизвести и грунтоцемента [4]. На основании полевых экспериментов выявлены технологические и экономические преимущества данного реагента. Укрепление глинистых грунтов алюмофторфосфатными вяжущими с использованием экстракционной фосфорной кислоты отличается удобством выполнения основных технологических операций и отсутствием жестких ограничений, которые имеют место при укреплении грунтов органическими вяжущими и цементом. Фосфорная кислота может применяться в виде раствора любой концентрации. Реагент

легко растворяется без существенных затрат на перемешивание смеси, поскольку обладает свойством электролита. Технология производства работ при укреплении грунтов добавками экстракционной фосфорной кислоты полностью соответствует положениям типовой технологии при использовании обычных вяжущих (согласно СН-25—64 и СНиП III-Д.5-62). Укрепленный грунт может подвергаться эксплуатационным нагрузкам непосредственно после его уплотнения. Прочность, водоустойчивость и морозоустойчивость грунтофосфатного материала возрастают по мере увеличения периода твердения при положительной температуре и нормальном его увлажнении, особенно в течение первых трех суток. Увеличение периода твердения материала позволяет производить доуплотнение смеси в течение двух суток после обработки грунта. Положительный эффект доуплотнения обусловлен дефлокулирующим (размельчающим) действием реагента и повышенным содержанием коллоидно-гелевых составляющих алюмофторфосфатного вяжущего в формирующем материале в начальный период твердения.

В экономическом отношении применение экстракционной фосфорной кислоты выгодно, так как, с одной стороны, она в 3—3,5 раза дешевле технической, а с другой стороны, появляется возможность использования потенциальных минеральных ресурсов глинистых грунтов, в виде различных соединений, химически активных по отношению к реагенту. В связи с этим для получения связей между частицами грунта требуется лишь некоторая часть реагента, что было подтверждено выполненными исследованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Г. Ф. Богданов. Руководство по лабораторным исследованиям при искусственном укреплении грунтов. Изд-во Ленинградского университета, 1965. [2]. В. М. Княтько. О синтезе алюмофторсиликатных вяжущих в глинистых грунтах с помощью фторсодержащих реагентов. Изд. СО АН СССР, прил. журн. № 2, вып. 1, 1968. [3]. Н. Ф. Мищенко, Н. М. Серов, Л. А. Марков, В. М. Княтько, Н. В. Егоров и др. Химическое укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве. Изд-во «Транспорт», М., 1967. [4]. Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами (СН 25-64). Изд-во «Транспорт», М., 1965.

\* Поступила 20 марта 1972 г.

УДК 625.572

### КОНТАКТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В НЕСУЩИХ СПИРАЛЬНЫХ КАНАТАХ ПОДВЕСНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

И. И. СЛЕПКО

Львовский лесотехнический институт

В статье рассматриваются контактные напряжения пары несущий канат — каток, при различной форме выточки обода катка. Получены выражения для определения максимальных контактных напряжений в спиральных несущих канатах закрытого и открытого типов. Приведены графики зависимости безразмерного коэффициента контактных напряжений от диаметра и радиуса выточки обода катка.

На подвесных лесотранспортных установках большой грузоподъемности (типа кабель-крана) и малой грузоподъемности (конструкции Т. В. Михайлю) в качестве несущих используются спиральные канаты соответственно закрытого и открытого типов.

Экспериментальные исследования [1] показали, что контактные напряжения являются одним из факторов, определяющих выносливость каната, однако они исследованы недостаточно.

Максимальные контактные напряжения, возникающие в проволоках несущего каната в точке касания с катком каретки [5],

$$P_0 = \frac{A_0}{m \cdot n} \sqrt[3]{P k_0 \frac{K_{21}^2}{4}}, \quad (1)$$

где  $A_0$  — коэффициент материала сбода катка;

$P$  — сила давления катка на проволоку;

$k_0$  — коэффициент формы поверхностей,

$$k_0 = 1 + C_1 - C_2 + C_3; \quad (1a)$$

$$C_1 = \frac{K_{21}}{K_{11}}; \quad C_2 = -\frac{K_{22}}{K_{11}}; \quad C_3 = \frac{K_{12}}{K_{11}}; \quad (1b)$$

$K_{11}$ ,  $K_{12}$  и  $K_{21}$ ,  $K_{22}$  — соответственно максимальная и минимальная кривизны поверхности проволоки и катка в точке контакта;

$mn$  — произведение коэффициентов, которое является функцией  $\cos \theta$

$$\cos \theta = \frac{[(1 - C_3)^2 - 2(1 - C_3)(C_1 + C_2) \cos 2\eta + (C_1 + C_2)^2]^{\frac{1}{2}}}{k_0}; \quad (2)$$

$\eta$  — угол между плоскостями, содержащими  $K_{12}$  и  $K_{21}$ .

Главные кривизны поверхности удовлетворяют уравнению [4]

$$K^2 - 2HK + \Gamma = 0, \quad (3)$$

где  $H$  — средняя кривизна поверхности;

$\Gamma$  — гауссова кривизна поверхности.

Проволока спирального каната открытого типа представляет собой цилиндр, свитый по винтовой линии. Ее поверхность выражается уравнениями

$$\left. \begin{aligned} X &= R [(1 + j \cos \varphi) \cos t - j \cos \alpha \sin \varphi \sin t] \\ Y &= R [(1 + j \cos \varphi) \sin t + j \cos \alpha \sin \varphi \cos t] \\ Z &= (t \cdot \operatorname{ctg} \alpha - j \sin \alpha \cdot \sin \varphi), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $t$  и  $\varphi$  — параметры поверхности;

$R$  — радиус окружности центров проволок внешнего слоя в сечении каната;

$\alpha$  — угол свивки проволок в канат с учетом деформации растяжения;

$$j = \frac{\delta}{2R} \quad (\delta — диаметр проволоки внешнего слоя).$$

Используя зависимости П. П. Нестерова [2]

$$R = \frac{\delta}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{\operatorname{tg} \mu}{\cos \alpha}\right)^2}, \quad (5)$$

где  $\mu = 90^\circ - \frac{180^\circ}{i}$  ( $i$  — число проволок внешнего слоя каната), получим

$$j = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\operatorname{tg} \mu}{\cos \alpha}\right)^2}} \quad (5a)$$

Находя значение средней и гауссовой кривизны поверхности проволоки в точке контакта из уравнения (3), определим главные кривизны поверхности проволоки каната открытого типа

$$K_{11} = \frac{2}{b}; \quad K_{12} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{1 + \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}. \quad (6)$$

Подставляя значение из уравнений (6) в выражения (1б), имеем

$$C_3 = \frac{1}{1 + \frac{1}{\sin^2 \alpha} \sqrt{1 + \left(\frac{1g\mu}{\cos \alpha}\right)^2}}. \quad (7)$$

Плоскость, содержащая кривизну  $K_{11}$ , перпендикулярна оси проволоки, а угол между плоскостью, содержащей  $K_{12}$ , и осью каната равен  $\alpha$ .

Рассматривая канат закрытого типа как цилиндрический стержень, получим

$$K_{11} = \frac{2}{d}; \quad K_{12} = C_3 = 0, \quad (8)$$

где  $d$  — диаметр каната.

Плоскость, содержащая кривизну  $K_{11}$ , перпендикулярна оси каната.

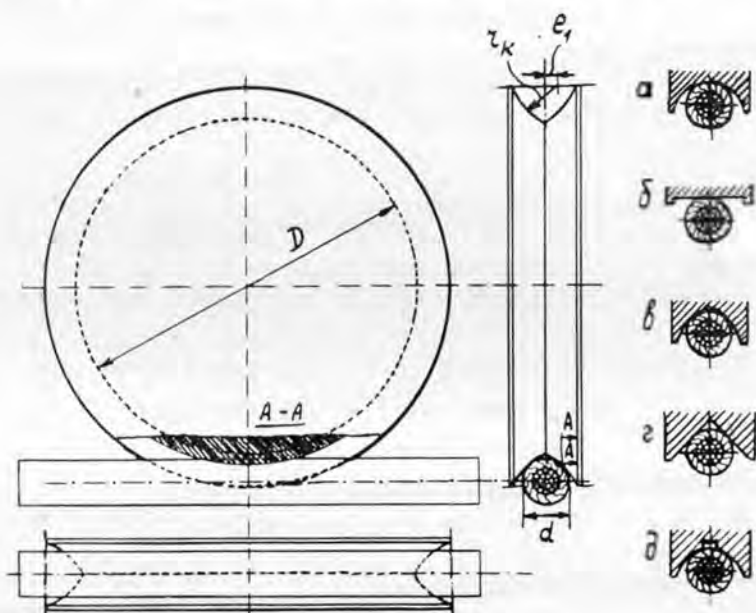


Рис. 1. Пара канат — каток.

Наибольшее распространение в практике лесозаготовки получили катки с выточкой, которые представляют собой поверхность вращения дуги радиусом  $r_k$  около прямой (рис. 1). Главные кривизны поверхности вращения [4]

$$K_{21} = \frac{\sin \beta}{e - r_k \sin \beta}; \quad K_{22} = -\frac{1}{r_k}, \quad (9)$$

где  $\beta$  — угол между плоскостью, перпендикулярной оси вращения, и радиусом  $r_k$ .



Плоскость, содержащая кривизну  $K_{21}$ , перпендикулярна оси вращения катка. Поэтому для канатов открытого типа угол  $\eta = \alpha$ , а для канатов закрытого типа  $\eta = 0$ .

В зависимости от эксцентриситета  $e$  центра дуги катки бывают: с полукруглой выточкой при  $e = 0$  (рис. 1, а) \* и с комбинированной выточкой при  $e \neq 0$  (рис. 1, в).

Если радиус выточки  $r_k = \infty$ , то получим цилиндрический каток (рис. 1, б) и каток с V-образной выточкой (рис. 1, г), для которых  $K_{22} = 0$ ,  $C_2 = 0$ . Кроме этого, для канатов закрытого типа используют катки с канавкой (рис. 1, д).

Каток в поперечном сечении может касаться одной или нескольких проволок каната в зависимости от геометрии катка и каната. Максимальное давление катка на проволоку равно:

а) при катке с полукруглой выточкой (рис. 1, а, б)

$$P = \frac{V}{n_2} k'_n; \quad (10)$$

б) при катке с комбинированной выточкой (рис. 1, в, г)

$$P = \frac{V \cdot k'_n}{2n_2 \sin \beta}, \quad (10а)$$

где  $V$  — поперечное давление на каток.

$$V = \frac{Q}{n_1} \cdot k_V; \quad (10б)$$

$Q$  — вес пачки бревен с кареткой;

$n_1$  — число катков каретки;

$$k_V = k_n \cdot k_d; \quad (10в)$$

$k_n$  — коэффициент неравномерности распределения веса груза на катки каретки;

$k_d$  — коэффициент динамичности;

$n_2$  — минимальное число проволок, одновременно касающихся полуповерхности катка; устанавливается экспериментально и для канатов закрытого типа равно единице;

$k'_n$  — коэффициент неравномерности распределения давления катка между проволоками каната,

$$k'_n = \frac{n_2}{\sum_{i=1}^{n_2} \left( \frac{a_i}{a_{max}} \right)^3}, \quad (10г)$$

$a_{max}$  и  $a_i$  — соответственно размеры больших полуосей наибольшего и  $i$ -того эллипсов контакта.

Главная кривизна  $K_{21}$  в точке максимального давления катка на прядь равна:

при катке с полукруглой выточкой

$$K_{21} = \frac{2}{D}; \quad (11)$$

при катке с комбинированной выточкой

$$K_{21} = \frac{2 \sin \beta}{D + 2r_k \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{e}{r_k} \right)^2} - \sin \beta \right]} \quad (11а)$$

\* Фактически кривизна каната [1]  $K_0 = \frac{V}{T} \cdot \frac{2}{d} \sqrt{\frac{2\rho}{E_n}}$  очень мала по сравнению с  $K_{11}$ , и ею можно пренебречь.

и при V-образной выточке

$$K_{21} = \frac{2}{\frac{D}{\sin \beta} + d \operatorname{ctg}^2 \beta}, \quad (11б)$$

где  $D$  — диаметр катка.

С некоторым приближением, так как  $\beta = 55 \div 60^\circ$ , можно принять для катка с комбинированной выточкой

$$K_{21} = \frac{2 \sin \beta}{D}. \quad (11в)$$

Коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$  на основании зависимостей (6), (11) и (16) можно выразить так:

для канатов открытого типа

$$а) C_1 = \frac{\delta}{D}; \quad C_2 = \frac{\delta}{2r_k}; \quad (12)$$

$$б) C_1 = \frac{\delta \sin \beta}{D}; \quad C_2 = \frac{\delta}{2r_{\mu}}; \quad (12а)$$

для канатов закрытого типа

$$а) C_1 = \frac{d}{D}; \quad C_2 = \frac{d}{2r_k}; \quad (12б)$$

$$б) C_1 = \frac{d \sin \beta}{L}; \quad C_2 = \frac{d}{2r_k}. \quad (12в)$$

Подставляя значения из выражений (12), (6), (8) в уравнение (1) и вводя обозначения

$$k_p = \frac{1}{m \cdot n} \sqrt[3]{\frac{k_0}{n_2}}; \quad k_n = k_V \cdot k_n', \quad (13)$$

получим соответственно формулы для определения максимальных контактных напряжений пары канат — каток:

для канатов открытого типа

$$а) p_0 = k_p \cdot A_0 \sqrt[3]{\frac{Q}{n_1} \cdot k_n' \cdot \frac{1}{d^2}}; \quad (14)$$

$$б) p_0 = k_p A_0 \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k_n}{2n_1 \sin \beta} \cdot \frac{1}{d^2}}; \quad (14а)$$

для канатов закрытого типа

$$а) p_0 = k_p \cdot A_0 \sqrt[3]{\frac{Q}{n_1} \cdot k_n' \cdot \frac{1}{d^2}}; \quad (15)$$

$$б) p_0 = k_p \cdot A_0 \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k_n}{2n_1 \cdot \sin \beta} \cdot \frac{1}{d^2}}. \quad (15а)$$

Для катка с канавкой, принимая, что  $\sqrt[3]{\sin \beta} \approx 1$  (так как отношение ширины канавки к радиусу выточки приблизительно равно 0,15), имеем

$$p_0 = 0,8 k_p A_0 \sqrt[3]{\frac{Q}{n_1} \cdot k_n' \cdot \frac{1}{d^2}}. \quad (15б)$$

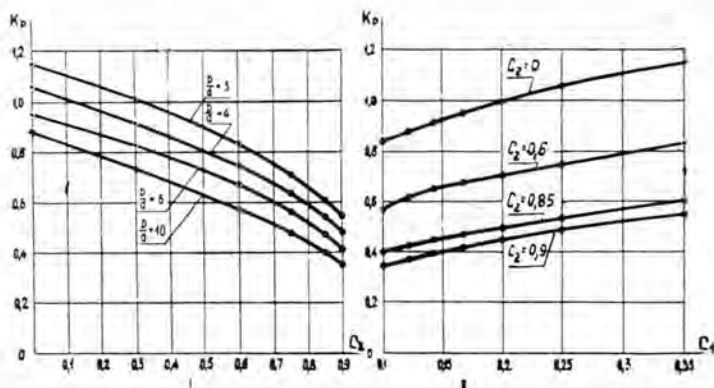


Рис. 2

$$I - k_p = f(C_1); II - k_p = f(C_2)$$

Коэффициент  $k_p$  для канатов открытого типа является функцией геометрии каната и катка, то есть функцией коэффициентов  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  угла свивки проволок в канат и числа  $n_2$  точек контакта, а для канатов закрытого типа — функцией диаметра и радиуса выточки катка, то есть  $C_1$  и  $C_2$ .

На рис. 2 представлены графики зависимости коэффициента  $k_p$  от коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$  для канатов закрытого типа. При увеличении радиуса выточки катка от оптимального ( $\frac{2r_k}{d} = 1,1$ ) до  $r_k = \infty$  при  $\frac{d}{D} = 0,2$  коэффициент  $k_p$ , а следовательно, и  $p_0$  увеличиваются в 2,27 раза, а при уменьшении диаметра катка в 2 раза при оптимальной выточке  $k_p$  повышается на 29%.

### Выводы

1. Величина максимальных контактных напряжений в несущих спиральных канатах зависит от веса единичного груза, конструкции каретки, скорости движения груза и конструкции каната и катка.
2. В спиральных канатах открытого типа контактные напряжения выше, чем в канатах закрытого типа при тех же условиях эксплуатации.
3. Применение катка с канавкой позволяет уменьшить величину контактных напряжений на 20%, что повышает выносливость каната закрытого типа в среднем на 37% [3].
4. Величина контактных напряжений в спиральных несущих канатах больше зависит от радиуса выточки катка, чем от его диаметра.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Дукельский. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. Машгиз, М.—Л., 1966. [2]. П. П. Нестеров. Основы конструирования шахтных подъемных канатов. Углетехиздат, М., 1949. [3]. Н. Г. Павлов. Влияние профиля обода катка на срок службы несущих канатов канатных дорог и кабельных кранов. Труды ЛПИ, № 4, 1951. [4]. А. В. Погорелов. Дифференциальная геометрия. Изд-во «Наука», М., 1969. [5]. И. И. Слепко. Исследование напряженного состояния проволоки несущего каната. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1970.

УДК 551.48

## ОСОБЕННОСТИ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РАЙОНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Т. А. ГУРЬЕВ, В. А. ЛУКИНА, Б. А. ПОРЯДИН, Ф. Ф. БОЛОТОВ

Архангельский лесотехнический институт

В статье приводятся результаты полевых наблюдений за водно-тепловым режимом земляного полотна автомобильных дорог. Отмечаются характерные особенности изменения водно-теплого режима грунтов земляного полотна в зависимости от природных и климатических условий Архангельской области.

Практика строительства и эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием на Европейском Севере показывает, что, несмотря на соблюдение технических норм и правил, покрытия преждевременно разрушаются. Общая протяженность деформированных участков на существующих и вновь построенных дорогах увеличивается из года в год.

Территория Архангельской области относится к II дорожно-климатической зоне. Но по комплексу природных условий она в значительной степени отличается от других районов этой зоны. Для Европейского Севера характерны погодно-климатические особенности, которые, наряду с другими факторами (например, распространение пылеватых грунтов, торфа под насыпью и т. п.), влияют на водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог: высокий уровень грунтовых вод; значительное превышение количества атмосферных осадков в осенний период над величиной испарения; суровая продолжительная зима, способствующая глубокому промерзанию грунтов. Погодно-климатические факторы и природные условия местности существенно изменяют плотность и влажность грунтов земляного полотна.

Влияние погодно-климатических особенностей на водно-тепловой режим земляного полотна может быть учтено на основе систематических наблюдений за его состоянием на характерных участках дороги. С этой целью сотрудниками кафедры сухопутного транспорта леса Архангельского лесотехнического института в 1967 г. были оборудованы опытные участки, на которых круглогодично проводятся наблюдения за температурой, влажностью и плотностью грунта земляного полотна, изменением уровня грунтовых вод, за глубиной промерзания, общим и послонным морозным лучением, за осадкой дорожного покрытия при оттаивании грунта в весенний период.

Земляное полотно на всех опытных участках представлено в виде насыпей высотой от 0,8 до 5 м из средне- и мелкозернистого песка, без дополнительного подстилающего слоя из песка. Конструкция дорожной одежды состоит из гравийного основания толщиной 25—35 см и асфальтобетонного покрытия 6—8 см. Ширина проезжей части дороги 7 м, ширина обочин 1,5—2 м. Для наблюдений за температурным режимом использовали полупроводниковые термосопротивления (термисторы) типа ММТ-4, заложённые на глубину до 3 м. С их помощью удалось установить характер распределения температур по глубине земляного полотна, который зависит от направления и интенсивности теплового потока.

В начальный период промерзания охлаждение по ширине земляного полотна идет практически равномерно. По мере накопления снега на обочинах наблюдается разница в глубинах промерзания под проезжей частью и на обочинах. Наблюдения показали, что, например, зимой 1968/69 гг. глубина промерзания под покрытием составила более 2,9 м. По СНиПу II-A.6-62, глубина промерзания суглинистых грунтов для района г. Архангельска равна 1,60 м. Для получения расчетной глубины промерзания следует добавить 0,4 м [5]. Таким образом, расчетная глубина промерзания для нашего района значительно меньше фактической.

Для измерения уровня грунтовых вод (УГВ) на опытных участках заложено по две трубы (в 1,5 м от оси покрытия и на обресте). В годичном цикле колебаний уровня грунтовых вод наблюдались два максимума поднятия (осенью и весной) и два спада (летом и зимой) с максимальным понижением уровня к концу зимы (рис. 1).

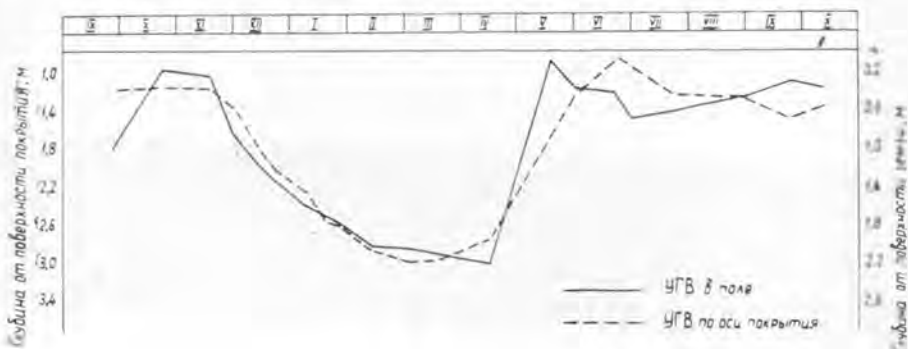


Рис. 1.

Весенний подъем уровня начинается одновременно со снеготаянием (апрель) и достигает максимума в середине мая. На обресте весенний максимальный подъем УГВ наступает несколько раньше, чем в земляном полотне. Это объясняется тем, что на обресте весенние талые воды смыкаются с капиллярной каймой, в результате чего уровень грунтовых вод быстро поднимается. Максимальное весеннее положение УГВ непродолжительно (10—20 дней). Затем начинается весенне-летний спад.

Осенью с наступлением дождей уровень грунтовых вод повышается и в отдельные годы почти достигает поверхности земли. С началом промерзания УГВ понижается и к концу зимы имеет самое низкое положение. Так, наибольшее понижение УГВ на обресте составило более 2 м, по оси земляного полотна — до 3 м.

Анализ годового цикла водно-теплого режима земляного полотна показывает, что наиболее опасным для устойчивости дорожной конструкции следует считать положение УГВ перед началом промерзания. Поэтому при проектировании автомобильных дорог в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов за расчетный уровень грунтовых вод следует принимать его наивысшее многолетнее положение перед началом промерзания грунта.

Высокий уровень грунтовых вод осенью является причиной переувлажнения грунта земляного полотна. При промерзании земляного полотна близкие грунтовые воды способствуют интенсивной миграции влаги от талых грунтов к мерзлым слоям. Вследствие этого быстро развивается пучение.

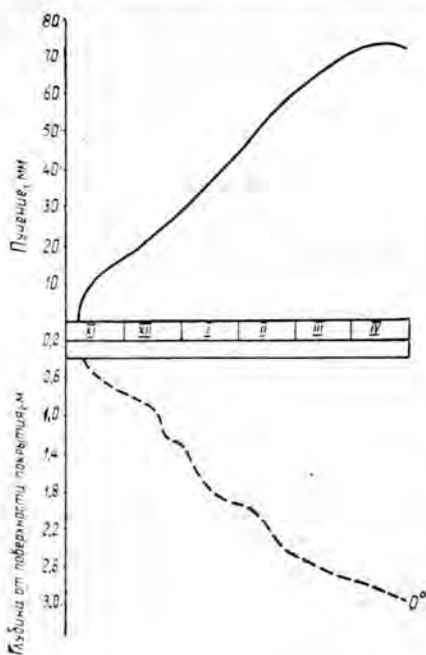


Рис. 2.

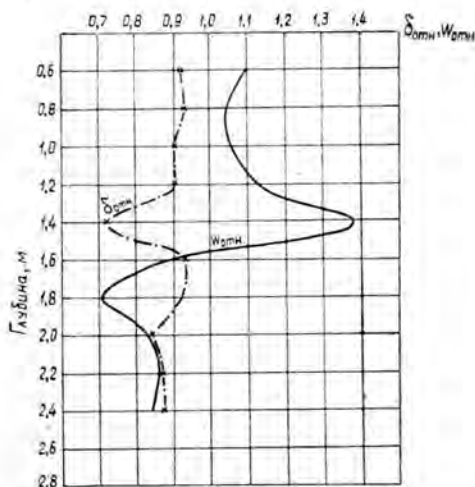


Рис. 3.

Для изучения процесса общего пучения (поднятия покрытия) на опытных участках было разбито более 100 поперечников с закреплением постоянных точек на покрытии. Общая длина всех нивелируемых участков составила 2400 м. Величину общего пучения определяли нивелировкой [2], пучение отдельных слоев грунта по глубине земляного полотна — с помощью пучиномеров.

На рис. 2 для примера приведены результаты наблюдений за величиной пучения и глубиной промерзания для одного из опытных участков.

Наблюдения в течение трех зимних периодов (1967/68; 1968/69; 1969/70 гг.) показали, что средняя величина пучения на всех опытных участках колеблется от 47 до 94 мм, то есть значительно больше допустимой для асфальтобетонных покрытий. Это обстоятельство вызывает необходимость изучения процесса и причин возникновения значительных сезонных деформаций покрытия и учета явления морозного пучения при проектировании земляного полотна и конструкции дорожной одежды в районах глубокого сезонного промерзания.

Опасные последствия процесса пучения и миграции влаги — резкое увеличение влажности и снижение плотности в верхней зоне промерзающего грунта. Это положение подтверждается нашими систематическими наблюдениями за изменением плотности и влажности грунтов земляного полотна в течение нескольких лет.

С 1967 г. для определения основных характеристик грунта земляного полотна используются глубинный гамма-плотномер (ГПП-1) для определения объемной плотности (объемного веса влажного грунта) и нейтронный индикатор влажности (НИВ-1) для измерения объемной влажности. Перед началом работ влагомер и плотномер калибровали на трех разновидностях грунтов с различной влажностью в полевых условиях на основе термо-весового и объемно-весового спосо-

бов [1], [3]. Калибровка приборов позволила повысить точность измерений и избежать некоторых ошибок.

Плотность и влажность грунтов определяли на глубину земляного полотна до 2,4 м от поверхности покрытия по двум скважинам: у кромки покрытия (на обочине) и в 1,5 м от оси дороги.

Систематическими наблюдениями установлено, что между влажностью и плотностью существует ярко выраженная связь: с повышением влажности плотность грунта уменьшается [3].

Особенно сильно повышается влажность в верхних слоях земляного полотна в весенний период. Так, например, в этот период (апрель) на одном из опытных участков относительная плотность на глубине 0,6—1,4 м (от поверхности покрытия) изменяется от 0,72 до 0,93, а относительная влажность — от 1,05 до 1,38 (рис. 3). Такое положение характерно и для других опытных участков. По данным М. Б. Корсунского [4], состояние земляного полотна в весенний период оценивают по расчетной влажности, величина которой для II зоны равна 0,65—0,9 от границы текучести.

Согласно строительным нормам и правилам, грунты теряют несущую способность при относительной плотности 0,95 и менее. Фактические относительные плотность и влажность грунтов земляного полотна существенно отклоняются от расчетных, принятых для II дорожно-климатической зоны на основании исследований, выполненных в южной ее части. В технической литературе не встречаются расчетные величины состояния земляного полотна на севере европейской части СССР.

Результаты нашей работы показывают, что в целях создания работоспособных автомобильных дорог на Европейском Севере необходимо уточнить и пересмотреть существующие нормы проектирования с учетом всех особенностей местных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Т. А. Гурьев, А. П. Елисеев, В. А. Лукина, Б. А. Порядин. Применение приборов ГГП-1 и НИВ-1 для определения плотности и влажности грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Сб. «Изотопы в СССР» № 18, 1970. [2]. Т. А. Гурьев, Б. А. Порядин, А. П. Елисеев, В. А. Лукина. О влиянии свойств грунта основания земляного полотна на величину пучения. ИВУЗ. Журн. «Строительство и архитектура» № 5, 1970. [3]. Т. А. Гурьев, Б. А. Порядин, А. П. Елисеев, В. А. Лукина. Об изменении плотности и влажности грунта земляного полотна автомобильных дорог. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1970. [4]. М. Б. Корсунский. Оценка прочности дорог с нежесткими одеждами. Изд-во «Транспорт», М., 1966. [5]. Предложения по оценке и учету источников увлажнения и регулированию водного режима земляного полотна автомобильных дорог. СоюзДОРНИИ, 1966.

Поступила 14 марта 1972 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.815-41

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРИЕНТАЦИИ ЧАСТИЦ

А. Б. ИЗРАЕЛИТ

Ленинградская лесотехническая академия

М. Ш. ПИЛЬЦЕР

ЦНИИфанеры

Выведены зависимости, определяющие прочность древесностружечных плит в функции от размеров частиц и их упруго-механических свойств.

Проанализировано влияние принудительной ориентации частиц на прочность плиты.

Мебельное производство, являющееся в данное время основным потребителем древесностружечных плит, предъявляет повышенные требования к их качеству, прежде всего, по такому показателю, как прочность при растяжении перпендикулярно пласти плиты.

Известно, что свойства плиты зависят от свойств составляющих ее компонентов (древесных частиц и связующего вещества), расположения частиц в плите и прочности связи между частицами. Так как прочность древесины вдоль волокон значительно выше, чем поперек волокон, то, очевидно, путем принудительной ориентации частиц в плите можно повысить ее прочность в нужном направлении.

Чтобы увеличить прочность плиты на растяжение перпендикулярно ее пласти, необходимо ориентировать древесные частицы их продольной осью в этом направлении. (Подобную ориентацию можно осуществить в электромагнитном поле с предварительным покрытием древесных частиц ферромагнитным раствором). Этот способ (авторское свидетельство № 307912) позволяет осуществить произвольную ориентацию частиц не только в плоскости плиты, но и в направлении, перпендикулярном этой плоскости.

Настоящая статья посвящена теоретическому анализу взаимосвязи прочности плиты и ориентации в ней древесных частиц. При этом мы исходили из следующих основных предпосылок.

1. Аргумент, характеризующий расположение частиц в плите, — угол  $\alpha$  наклона продольной оси частицы к направлению растяжения; для разных частиц этот угол меняется от 0 до  $0,5\pi$  (рис. 1).

2. В расчет вводятся некоторые усредненные размеры частиц:  $l$  — длина,  $d$  — ширина,  $b$  — толщина; предполагается, что все частицы своей шириной располагаются параллельно одной плоскости, совпадающей с плоскостью чертежа (рис. 1).

3. Все деформации в плите упругие.

4. Разрушающая нагрузка сечения плиты определяется предельной деформацией разрыва.

5. Сцепление частиц со связующим везде обеспечивает их совместную работу при деформации плиты.



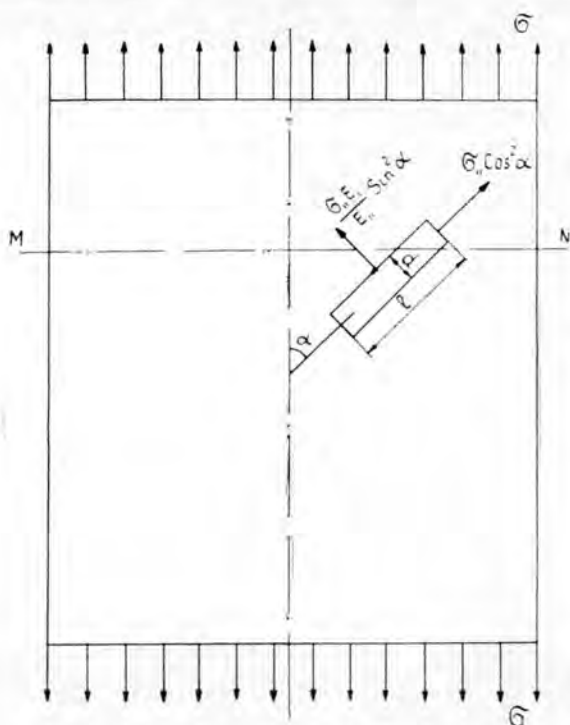


Рис. 1. Расчетная схема работы плиты.

Рассмотрим поперечное сечение  $MN$  (рис. 1) единичной площади  $F = 1$  и найдем его несущую способность. Долю связующего в плите обозначим через  $F_c$ , а долю древесных частиц — через  $F_d$ , тогда

$$F_d + F_c = F = 1. \quad (1)$$

Предположив, что частицы расположены хаотично, найдем количество частиц, пересекаемых сечением  $MN$ . Будем учитывать, что частицы, ориентированные к направлению действующих напряжений под углом, меньшим  $\alpha_1$  ( $\alpha_1 = \arctg \frac{l}{d}$ ), пересекаются поперек волокон, и в сечении  $MN$  каждая частица имеет площадь

$$f_{\text{поп}} = \frac{bd}{\cos \alpha}; \quad (2)$$

при  $\alpha = 0$   $f_k = bd$ .

Частицы, ориентированные к направлению растяжения под углом, большим  $\alpha_1$  ( $\alpha_1 < \alpha < 0,5\pi$ ), пересекаются практически вдоль волокон, и в сечении  $MN$  каждая частица имеет площадь

$$f_{\text{пр}} = \frac{lb}{\sin \alpha}. \quad (3)$$

Средняя площадь одной частицы, попадающей в сечение  $MN$ , определяется путем суммирования площадей частиц по углу ориентации

$$f = \frac{\int_0^{\alpha_1} \frac{bd \, d\alpha}{\cos \alpha} + \int_{\alpha_1}^{0,5\pi} \frac{bd \, d\alpha}{\sin \alpha}}{0,5\pi} = \frac{2}{\pi} \left[ bd \ln \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + b \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \right]. \quad (4)$$

Количество и площади сечения частиц, пересекаемых сечением  $MN$  единичной площади, соответственно равны:

а) для поперечно рассекаемых частиц

$$N_{\text{поп}} = \frac{\alpha_1 F_A}{bd \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + b l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1}}; \quad (5)$$

$$F_{\text{поп}} = \frac{2\alpha_1}{\pi} \cdot \frac{F_A b d \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right)}{bd \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + b l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1}};$$

б) для продольно рассекаемых частиц

$$N_{\text{пр}} = \frac{(\pi - 2\alpha_1) F_A}{\pi \left[ bd \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + b l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \right]}; \quad (6)$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{(\pi - 2\alpha_1) F_A b l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1}}{\pi \left[ bd \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + b l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \right]};$$

По условиям совместности деформаций в поперечных и продольных сечениях действуют напряжения (рис. 1)

$$\sigma_{\text{поп}} = \sigma_{\parallel} \cos^2 \alpha; \quad \sigma_{\text{пр}} = \frac{\sigma_{\parallel} E_{\perp}}{E_{\parallel}} \sin^2 \alpha, \quad (7)$$

где  $E_{\parallel}$  и  $E_{\perp}$  — модули упругости древесных частиц вдоль и поперек волокон.

Напряжение в связующем в направлении деформирования

$$\sigma_c = \sigma_{\parallel} \frac{E_c}{E_{\parallel}}, \quad (8)$$

где  $E_c$  — модуль упругости связующего.

Определим проекции на ось загрузки усилий, воспринимаемых в проведенном сечении всеми компонентами:

а) поперечно рассеченными частицами

$$P_{\text{поп}} = F_{\text{поп}} \sigma_{\text{поп}} = \frac{\sigma_{\parallel} F_A d \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \cdot \left( \sin \alpha_1 - \frac{1}{3} \sin^3 \alpha_1 \right)}{d \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1}}; \quad (9)$$

б) продольно рассеченными частицами

$$P_{\text{пр}} = F_{\text{пр}} \sigma_{\text{пр}} = \frac{2\alpha_1 F_A E_{\perp} l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \cdot \left( \cos \alpha_1 - \frac{1}{3} \cos^3 \alpha_1 \right)}{E_{\parallel} \left[ d \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \right]}; \quad (10)$$

в) связующим

$$P_c = F_c \sigma_c = \frac{\sigma_{\parallel} F_c E_c}{E_{\parallel}}. \quad (11)$$

Полное усилие, воспринимаемое всем сечением, определим суммированием всех составляющих, вычисленных выше,

$$P_x = P_{\text{поп}} + P_{\text{пр}} + P_c =$$

$$= \sigma_{\parallel} \left[ \frac{F_d \left\{ d \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \left( \sin \alpha_1 - \frac{1}{3} \sin^3 \alpha_1 \right) + \frac{2E_{\parallel}}{E} l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \left( \cos \alpha_1 - \frac{1}{3} \cos^3 \alpha_1 \right) \right\}}{d \ln \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1}} + \right.$$

$$\left. + \frac{F_c E_c}{E} \right]. \quad (12)$$

Определим полную несущую способность сечения, когда древесные частицы принудительно ориентированы. В этом случае средняя площадь одной рассекаемой частицы

$$f_0 = \frac{kf_k + pf_p + (1-k-p)f}{1} = kbd + \frac{pbd}{\alpha_m} \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_m}{2} + \frac{\pi}{4} \right) +$$

$$+ \frac{2(1-k-p)b}{\pi} \left[ d \ln \left( \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - l \ln \frac{\sin \alpha_1}{1 - \cos \alpha_1} \right], \quad (13)$$

где  $k$  — доля или процент частиц, ориентированных под углом 0 к направлению загрузки;  
 $p$  — доля или процент частиц, ориентированных под углом от 0 до  $\alpha_m$ , причем  $\alpha_m < \alpha_1 = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{l}{d}$ ;

$1 - k - p$  — доля или процент частиц, ориентированных произвольно, хаотично.

Общее количество частиц, пересекаемых сечением  $MN$ ,

$$N_0 = \frac{F_d}{f_0}. \quad (14)$$

Количество и площади сечения определяют по формулам:

а) для продольных  $k$ -частиц

$$N_k = k N_0; \quad F_k = k N_0 b d; \quad (15)$$

б) для поперечно рассекаемых частиц, ориентированных под углом  $\alpha$  ( $0 < \alpha < \alpha_m$ ),

$$N_p = p N_0; \quad F_p = p N_0 b d \operatorname{Intg} \left( \frac{\alpha_m}{2} + \frac{\pi}{4} \right); \quad (16)$$

в) для хаотично расположенных частиц

$$N_x = (1 - k - p); \quad F_x = (1 - p - k) N_0 f, \quad (17)$$

где  $f$  вычисляют по формуле (4).

Определим проекции на ось разрушения усилий, воспринимаемых всеми компонентами сечения (с принудительно ориентированными частицами):

а) продольными  $k$ -частичами

$$P_0 = F_k \sigma_{\parallel};$$

б) поперечно рассекаемыми частицами  $p$

$$P_p = F_p \frac{\sigma_{\parallel}}{\alpha_m} \left( \sin \alpha_m - \frac{1}{3} \sin^3 \alpha_m \right);$$

в) хаотично расположенными частицами  $P_x$  — по формуле (12);

г) связующим  $P_c$  — по формуле (11).

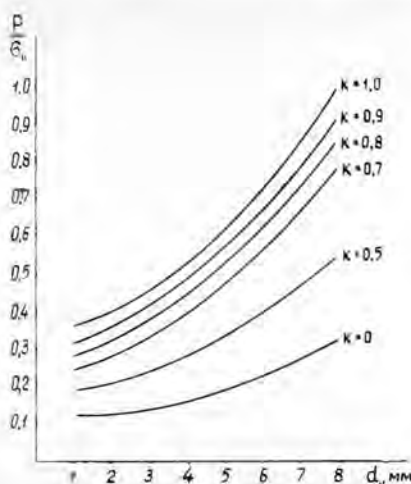


Рис. 2. Зависимость прочности плиты от степени ориентации и размеров частиц при  $l = 20$  мм,  $b = 0,4$  мм.

В настоящее время высококачественные древесностружечные плиты (марка ПТ-3), применяемые в производстве мебели, имеют показатель прочности перпендикулярно пласти плиты (в соответствии с ГОСТом 10632—70), равный  $3,5$  кгс/см<sup>2</sup>; между тем, в некоторых случаях прочность плиты необходимо увеличить в 2—3 раза. Этого можно добиться при ориентации 80—90% всех частиц (рис. 2).

Выведенные зависимости позволяют проанализировать возможные случаи ориентации частиц и установить наиболее целесообразные степени ориентации и размеры частиц с учетом технологических требований и назначения плит. Приведенные теоретические построения можно легко распространить на любые композиционные древесные материалы.

Поступила 27 января 1972 г.

УДК 621.9.025

## КОПЕР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДАРНОЙ ПРОЧНОСТИ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ РЕЗЦОВ КЛИНОВИДНОЙ ФОРМЫ

К. И. ДЕМЬЯНОВСКИЙ, З. К. ВАСИЛЬЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Показана важность определения ударной вязкости рабочей части закаленных резцов. Дано краткое описание предлагаемого способа и прибора для выполнения этих исследований. Определены основные характеристики маятника.

При обработке древесины в условиях циклического воздействия нагрузки на лезвие инструмента материал инструмента должен иметь не только высокую износостойкость, но и высокую сопротивляемость ударным воздействиям. Одна из важных механических характеристик закаленных инструментальных сталей — ударная вязкость. Между тем, пока еще нет общепринятой методики определения вязкости сталей высокой твердости [1]. Еще мало данных, характеризующих ее значения в

Полная несущая способность сечения при ориентировании частиц определится суммированием вычисленных составляющих

$$P_1 = P_0 + P_p + P_x + P_c. \quad (18)$$

На рис. 2 приведены графики, характеризующие несущую способность плиты в зависимости от ориентации в ней древесных частиц с различной шириной  $d$  при  $l = 20$  мм,  $b = 0,4$  мм. Чтобы упростить расчеты, количество наклонно ориентированных частиц для всех случаев принимали равным нулю. При  $k = 0$  кривая показывает несущую способность плиты с хаотическим расположением частиц, а при  $k = 1$  — с ориентированным расположением вдоль усилия всех частиц; остальными кривыми характеризуются промежуточные случаи.

Рис. 1.

1 — станна; 2 — зажимное устройство; 3 — груз маятника с ударяющим ножом; 4 — стойки; 5 — шкала.

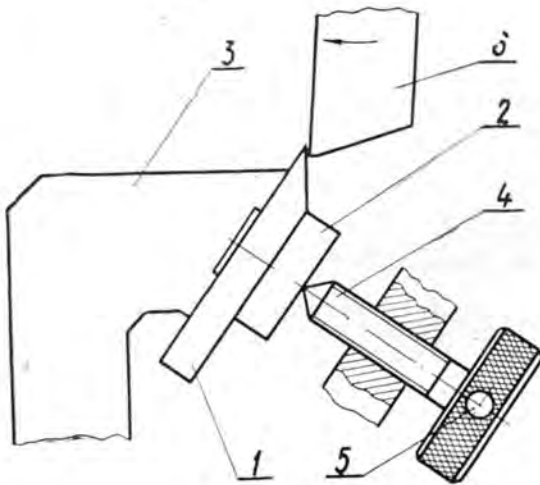
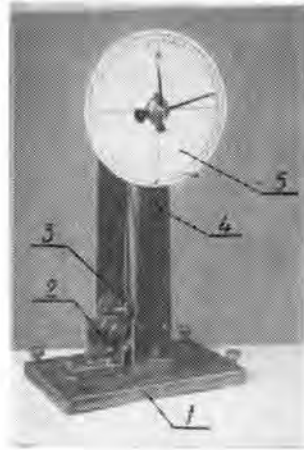


Рис. 2, б.

Рис. 2, а. Положение опытного резца в зажимном устройстве.

1 — опытный резец; 2 — нажимной сухарь; 3 — упор зажима; 4 — нажимной винт; 5 — отверстия для установки динамометрического ключа; 6 — ударяющий нож.

зависимости от изменения состава стали и термической обработки. Что же касается оценки ударной прочности режущих элементов инструмента, то таких сведений авторы не нашли.

Для определения ударной вязкости режущей части резцов сконструирован (К. И. Демьяновским) специальный настольный копер, общий вид которого дан на рис. 1, а схема испытания на рис. 2, а.

Опытный резец размером  $2 \times 4 \times (40 \div 50)$  мм закрепляется в губках зажимного устройства, так что задняя грань резца (в дальнейшем по схеме испытания ее будем называть передней гранью) располагается перпендикулярно направлению удара бойка. При падении маятника образец ломается ребром ударяющего бойка, изготовленного из твердого сплава. Неподвижная губка зажимного устройства наплавлена легированной сталью; опорные участки губки отшлифованы.

Установка опытных резцов относительно ударяющего ножа с точностью до 0,01 мм достигается с помощью специального приспособления. Обеспечивается также постоянная сила зажима образцов-резцов. Расстояния от режущей кромки опытного образца до кромки ударяющего ножа приняты в испытаниях равными 0,2 и 0,25 мм.

Конструкция зажимного устройства и схема испытания позволили получить достаточно хорошую стабильность результатов. Характер излома режущей части резца (увеличение в 70 раз) показан на рис. 2, б.

Работа, затрачиваемая на излом образца, определяется углом взлета маятника; угол отсчитывают по повороту стрелки прибора, укрепленной на оси маятника, относительно шкалы, имеющей деления по окружности через один градус. Кромка ударяющего ножа относительно оси качания маятника в момент удара должна находиться на линии, проходящей через ось маятника и его центр тяжести.

Чтобы сила удара не передавалась на ось маятника, кромка ударяющего ножа должна совпадать с центром удара маятника, расстояние от оси качания которого  $l_1$  найдем по известной формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}},$$

откуда

$$l_1 = 24,9 T^2.$$

Период колебаний маятника определяли опытным путем. Для данного прибора  $l_1 = 264$  мм.

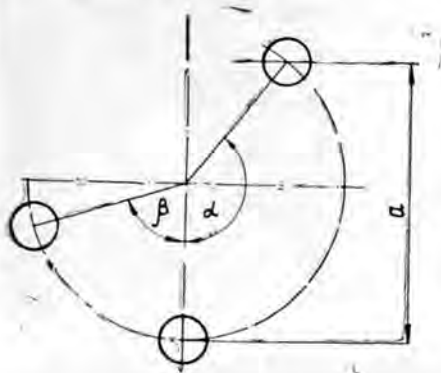


Рис. 3. Схема положений маятника перед ударом и после него.

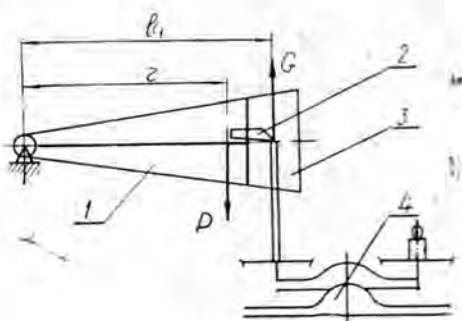


Рис. 4. Схема взвешивания маятника.

1 — маятник; 2 — ударяющий нож; 3 — груз маятника; 4 — весы.

Перед испытанием образца маятник закрепляют в исходном положении  $a$  (рис. 3). При прохождении маятника во время его падения через нижнее положение кинетическая энергия достигает наибольшей величины. Если маятник встречает на своем пути образец, то часть энергии затрачивается на излом образца, и маятник поднимается на высоту, определяемую углом взлета  $\beta$ . Затраченная на излом образца работа

$$A = Pr(\cos \beta - \cos \alpha), \quad (1)$$

где  $P$  — вес маятника;

$r$  — расстояние от оси качания маятника до его центра тяжести;

$\alpha$  — угол падения;

$\beta$  — угол взлета после излома образца.

Произведение  $Pr$ , входящее в формулу (1), определяют взвешиванием (см. схему на рис. 4). С помощью весов находят давление маятника  $G$  в точке, расположенной от оси маятника на расстоянии  $l_1$ . Так как  $Gl_1 = Pr$ , то, зная  $l_1$  и  $G$ , можно определить искомое произведение  $Pr$ . В наших опытах  $G = 115 \text{ Г}$ ,  $Pr = 30,4 \text{ кг} \cdot \text{мм}$ .

Чтобы учесть потери на трение в подшипниках от маятника, на сопротивление воздуха при качании маятника и на трение при перемещении стрелки прибора, в формулу (1) вносят поправки, способ определения которых изложен Н. Н. Давиденковым [2].

Работа, затраченная на излом образца, с учетом всех потерь

$$A = Pr \left[ \cos \left( \beta + \frac{\Delta\beta}{4} + \Delta\beta' \right) - \cos \left( \alpha - \frac{\Delta\alpha}{4} \right) \right];$$

$$\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2; \quad \Delta\beta' = \beta_1 - \beta_0,$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  — соответственно первый и второй углы взлета маятника при отведенной стрелке;

$\beta_0$  — угол взлета маятника из исходного положения вместе со стрелкой.

Угол  $\Delta\alpha$  определяют аналогично углу  $\Delta\beta$ .

Исследования показали, что влияние потерь на трение (ось маятника вращается в шариковых подшипниках) не превышает 4%, поэтому в данной работе расчет проводили по формуле (1).

Подготовка резцов к испытанию состоит в заточке по передней грани на режимах, полностью исключая структурные превращения. Геометрическая правильность режущей части достигается применением специального приспособления. Острота лезвия после подготовки резцов должна быть в пределах 4—5 мк.

Конструкция прибора при надлежащей точности установки опытных резцов обеспечивает достаточную стабильность и надежность результатов испытания. Например, при испытании резцов, изготовленных из стали У12А и имеющих твердость 60HRC, получены следующие статистические показатели (из 10 испытаний):

$$M = 16 \frac{\text{кг} \cdot \text{мм}}{\text{мм}^2}; \quad \sigma = \pm 0,56; \quad m = \pm 0,2; \quad p = 2,7\%.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ю. А. Геллер. Инструментальные стали. 3-е изд., Металлургиздат, 1968.  
[2] Н. Н. Давиденков. Динамические испытания металлов. ОНТИ, 1936.

Поступила 10 ноября 1971 г.

УДК 674.038.6

## О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА СВЯЗ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

А. Д. ГОЛЯКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния: 1) положения сортообразующей пласти доски относительно направления прогиба; 2) диапазона нагружения при определении жесткости сосновых пиломатериалов при изгибе на тесноту ее связи с прочностью.

Данная статья — продолжение ранее опубликованной [1]; в работе использован тот же экспериментальный материал.

На тесноту корреляционной связи жесткости и прочности пиломатериалов при изгибе определенное влияние оказывает направление прогиба относительно худшей пласти досок.

Наилучшая связь должна наблюдаться при попадании в зону растяжения изгибаемой доски менее прочной древесины. Известно, что предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон значительно ниже, чем при растяжении. Если в зону растяжения изгибаемой доски попадает менее прочная древесина, то пределы прочности сжатых и растянутых волокон сближаются. В этом случае и сжимаемые и растягиваемые волокна более или менее одновременно достигают своих предельных напряжений. Происходит одновременное разрушение большинства волокон сечения (разрушение при упругом деформировании) при напряжении изгиба, наиболее соответствующем жесткости.

У досок полурадимальной распиловки (центральных и последующих) менее прочной следует считать внутреннюю пласт, которая имеет больший процент перерезанных волокон. Кроме того, волокна части сердцевиновых годичных слоев, попадающих после распиловки бревен на внутренние пласти центральных досок, всегда имеют пониженные механические свойства [2]; на внутренних пластих центральных досок всегда возможно наличие лапчатых сучков, значительно снижающих прочность пиломатериалов.

У боковых тангенциальных досок слабой следует считать наружную пласт, содержащую больший процент заболонной древесины, механические свойства которой ниже, чем ядровой. При наличии сквозных сучков их диаметры на наружных пластих боковых досок всегда больше, а состояние может быть худшим (исросшиеся сучки, загнившие и т. п.). Приведенные гипотезы подтверждаются экспериментально. При нагружении на наружную пласт (наружная пласт в сжатой зоне) центральных досок сечением  $100 \times 50$  мм коэффициент корреляции жесткости с прочностью в проведенных испытаниях был равен  $0,88 \pm 0,02$ , а при нагружении на внутреннюю пласт  $0,77 \pm 0,04$ . Для боковых досок сечением  $150 \times 50$  мм соотношение коэффициентов обратное: при нагружении на наружную пласт  $0,68$ , на внутреннюю  $0,81$ .

Следовательно, силовая сортировка пиломатериалов с учетом положения внутренней и наружной пласти досок позволит более точно прогнозировать их минимальную прочность.

Древесина лишь условно подчиняется закону пропорциональности деформации напряжению (закону Р. Гука), поэтому вопрос выбора диапазона нагружения пиломатериалов при их силовой сортировке носит дискуссионный характер.

Автором экспериментально было исследовано влияние высоты диапазона нагружения при определении жесткости на тесноту ее связи с пределом прочности при изгибе пиломатериалов. Обработка выборок, состоящих из образцов, разрушившихся при упругом деформировании, не показала различий тесноты связи прочности с жесткостью, определенной в диапазонах нагружения 180—60 и 120—40  $\text{кг/см}^2$  (в расчете на номинальное сечение  $150 \times 50$  мм). Коэффициенты корреляции в обоих случаях были равны  $0,89 \pm 0,02$ .

Таким образом, при силовой сортировке сырых (а значит, не имеющих покоробленности) пиломатериалов нет смысла давать большие напряжения. Нижний предел нагружения при определении жесткости сортиментов можно снизить до  $\sigma_n = 20 \div 40 \text{ кг/см}^2$ , в соответствии с прочими условиями испытаний (нижний порог чувствительности силоизмерительного датчика, шероховатость поверхности сортиментов и т. п.).



## ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. Д. Голяков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972. [2]. Л. М. Перелыгин. Строение древесины. Изд-во АН СССР, М., 1954.

Поступила 10 января 1972 г.

УДК 674.047

## ТЕПЛООБМЕН ПРИ СУШКЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ

Л. А. ТЕТЕРИН

Брянский технологический институт

Рассматриваются вопросы экспериментального определения коэффициентов теплообмена при сушке измельченной древесины во взвешенном состоянии. Получены критериальные зависимости для вычисления указанных коэффициентов для частиц, неподвижно закрепленных в газовом потоке. Введение поправочного коэффициента, учитывающего вращение частиц в потоке, позволило получить расчетную формулу для вычисления коэффициентов теплообмена в сушильных агрегатах для измельченной древесины в пневматических трубах.

Процесс теплообмена является основным в процессе сушки древесных частиц, поэтому определение коэффициентов теплообмена — важнейший момент при расчете продолжительности сушки.

Единственный приемлемый в данном случае метод определения коэффициентов теплообмена базируется на применении критериального уравнения, полученного путем обобщения экспериментальных данных на основе теории теплового подобия. Обычно получают зависимость

$$Nu = f(Re, Pr, Gu). \quad (1)$$

Так как  $Pr \cong 0,722 = \text{const}$  в широком диапазоне температур, то искомая зависимость определяется критериями Рейнольдса и Гухмана. Критерий  $Nu$  мы находили экспериментально для неподвижно закрепленных частиц с помощью сушильной установки, позволяющей в широких пределах изменять температуру (от 80 до 300°C) и скорость воздуха (от 1,2 до 6,5 м/сек) [4]. Специфические особенности теплообмена, присущие витающим частицам, учитывали, вводя соответствующие поправки.

Критерий  $Re$  вычисляли по формуле

$$Re = \frac{v}{\nu} b, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость воздуха относительно частицы;

$\nu$  — кинематическая вязкость воздуха;

$b$  — размер частицы в направлении потока воздуха.

Критерий  $Nu$  находили для начального периода стадии постоянной скорости сушки, когда температура частицы равна температуре мокрого термометра или близка к ней. При этом коэффициент теплообмена

$$\alpha_0 = \frac{mr}{t_c - t_w},$$

здесь  $m$  — интенсивность испарения;

$r$  — удельная теплота испарения.

Заменяв  $m$  через скорость сушки  $N$ , %/сек, и сделав преобразования, получим

$$Nu = \frac{\alpha_0}{\lambda} b = \frac{0,5 N s r \rho_{усл} b}{\lambda (t_c - t_m)} \quad (3)$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности воздуха;  
 $\rho_{усл}$  — условная плотность материала частиц;  
 $t_c$  и  $t_m$  — соответственно температура «сухого» и «мокрого» термометров;  
 $s$  — толщина частицы.

Величины, входящие в уравнения (2) и (3), определяли либо непосредственно из опыта ( $N$ ,  $v$ ,  $s$ ,  $b$ ,  $\gamma_{усл}$ ), либо по справочным таблицам ( $v$ ,  $\lambda$ ,  $r$ ).

Для получения критериального уравнения был построен график зависимости  $Nu$  от  $Re$  в логарифмических координатах (рис. 1). Можно предположить наличие связи между  $\lg Nu$  и  $\lg Re$ . Для этого случая коэффициент корреляции равен 0,887 и вполне достоверен, что позволяет считать наличие искомого корреляционной связи доказанным.

Критериальная зависимость  $Nu$  —  $Re$  с достаточной степенью точности изображается в логарифмической сетке одной прямой, а не семейством прямых. Благодаря этому можно пренебречь влиянием изменения критерия Гухмана и представить искомую критериальную формулу в виде

$$Nu = f(Re). \quad (4)$$

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила получить уравнение теплообмена для начального периода стадии постоянной скорости сушки частиц

$$Nu = 0,0605 Re^{0,805}. \quad (5)$$

Равенство (5) близко к уравнению, полученному Г. С. Шубиным [6]. Показатель степени при  $Re$  больше обычно наблюдаемого в процессе так называемого «сухого» теплообмена.

Расчеты показывают, что относительная погрешность определения  $\alpha_0$  по уравнению (5) не превышает величины, полученной предыдущими исследователями.

Чтобы выяснить, как изменяется коэффициент теплообмена в процессе сушки, для группы образцов вычисляли коэффициент теплообмена в различные моменты процесса сушки от влажности  $W_n$  до  $W_k$ . Было использовано уравнение теплового баланса

$$r \frac{d\bar{u}}{d\tau} + (c_0 + \bar{u}) \frac{d\bar{t}}{d\tau} = \frac{\alpha F}{G_c} (t_c - \bar{t})^*, \quad (6)$$

откуда определяли коэффициент теплообмена

\* Из-за малой величины частицы перепадом температуры по толщине можно пренебречь и принять  $t_0 \cong t_m \cong \bar{t}$ .

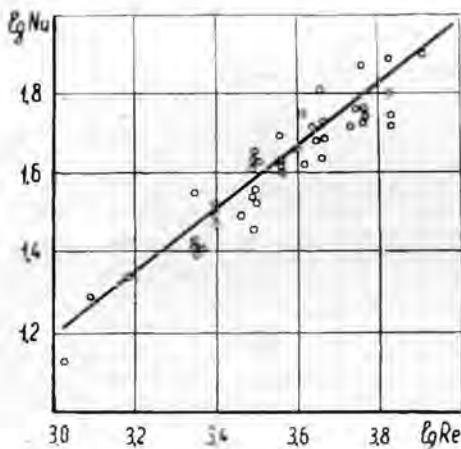


Рис. 1.

$$\alpha = \frac{\left[ r \frac{d\bar{u}}{d\tau} + (c_0 + \bar{u}) \frac{d\bar{t}}{d\tau} \right] \rho_0 s}{2(t_c - \bar{t})}, \quad (7)$$

где  $\bar{u}$  и  $\bar{t}$  — средние влагосодержание и температура частицы;  
 $F$ ,  $G_0$  и  $\rho_0$  — соответственно поверхность, вес и плотность частицы  
 в абс. сухом состоянии;  
 $c_0$  — удельная теплоемкость частицы в абс. сухом состоянии;  
 $\tau$  — время.

Анализ показал, что коэффициент теплообмена в процессе сушки не остается постоянным (рис. 2). Сначала этот коэффициент возрастает, его максимальное значение наблюдается при  $\bar{u} \approx \bar{u}_{кр}$ . Далее с уменьшением влажности коэффициент теплообмена убывает.

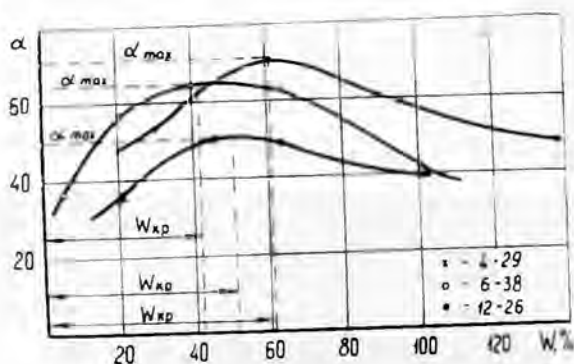


Рис. 2

Сравнивая полученные результаты с данными П. Д. Лебедева [1], можно отметить различный характер изменения  $\alpha$  при  $u > u_{кр}$ . По-видимому, это различие можно объяснить особенностями процесса сушки древесных частиц: температура древесины начинает возрастать, в то время как скорость сушки остается постоянной. Развитие процесса идет по «жесткому» режиму [2]. Это вытекает из уравнения (7): при  $\frac{d\bar{u}}{d\tau} = \text{const}$  изменение  $\alpha$  определяется изменением величин  $(c_0 + \bar{u}) \frac{d\bar{t}}{d\tau}$  и  $(t_c - \bar{t})$ , причем первая растет, а вторая убывает. Это обстоятельство и устанавливает характер изменения  $\alpha$  при  $\bar{u} > \bar{u}_{кр}$ . Далее изменение  $\alpha$  определяется величиной  $r \frac{d\bar{u}}{d\tau}$ .

Для расчета продолжительности сушки имеет значение характер зависимости  $\alpha = f(\bar{u})$  при  $\bar{u} \leq \bar{u}_{кр}$ . В логарифмической сетке эта зависимость для различных образцов изображается прямой (рис. 3), следовательно, искомую зависимость можно представить в виде

$$\frac{\alpha}{\alpha_{max}} = \left( \frac{W}{W_{кр}} \right)^n; \quad n = 0,273. \quad (8)$$

Формула (8) аналогична полученной П. Д. Лебедевым для периода падающей скорости сушки (у Лебедева  $n = 0,3$ ). В выражение (8) входит величина  $\alpha_{max}$ , то есть значение коэффициента теплообмена при  $\bar{u} = \bar{u}_{кр}$ . Необходимо было установить способ вычисления этой вели-

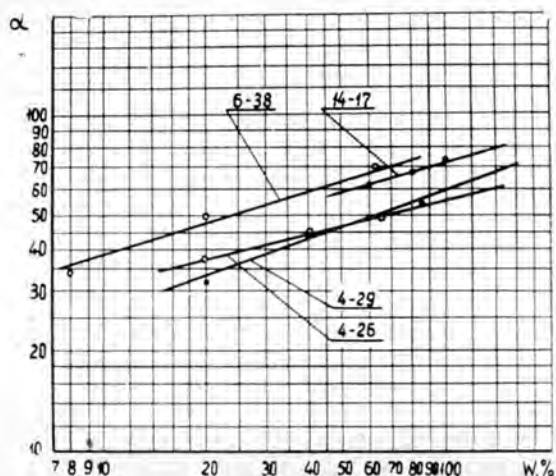


Рис. 3

ны. Критериальная формула для  $\alpha_{max}$  получена обычным способом, описанным выше.

Критерий  $Nu$  вычисляли по формуле (3), подставляя значение  $N$ , соответствующее моменту, когда  $\bar{u} = \bar{u}_{кр}$ . Статистически обработав вычисленные данные, получим уравнение для определения  $\alpha_{max}$

$$Nu = 0,04 Re^{0,9}, \quad (9)$$

где  $Nu = \frac{\alpha_{max} b}{\lambda}$ .

Различие в теплообмене неподвижных и витающих частиц (согласно методике, разработанной И. М. Федоровым [5]) в нашем случае учитывается коэффициентом  $k$ . Этот коэффициент отражает явление торможения частиц при движении их в трубе.

В результате торможения относительная скорость между газом и частицами становится больше скорости витания. Если теплообмен «незаторможенных» частиц определяется критерием  $Nu_{вит}$ , а теплообмен в реальном случае движения частиц критерием  $Nu$ , то для периода постоянной скорости сушки

$$k = \frac{Nu}{Nu_{вит}} = \left( \frac{Re}{Re_{вит}} \right)^{0,805}; \quad (10)$$

для периода падающей скорости сушки

$$k = \frac{Nu}{Nu_{вит}} = \left( \frac{Re}{Re_{вит}} \right)^{0,9}; \quad (11)$$

при этом

$$Re_{вит} = \frac{v_s b^*}{\nu}; \quad Re = \frac{v_r - v_m}{\nu} b, \quad (12)$$

\* Для витающих частиц в качестве размера  $b$  можно принять величину  $\sqrt{F}$  ( $F$  — поверхность частицы).

где  $v_s$  — скорость витания частиц;  
 $v_r$  — скорость газа в трубе;  
 $v_m$  — скорость материала (частиц).

Для вычисления скорости витания частиц можно воспользоваться эмпирической формулой С. Н. Святкова [3], полученной на основе большого экспериментального материала,

$$v_s = 0,14 \sqrt{\frac{\rho_m}{(0,02 + \frac{a}{s}) \rho_v}}, \quad (13)$$

где  $\rho_m$  и  $\rho_v$  — плотность соответственно материала и воздуха;  
 $s$  — толщина частицы, мм;  
 $a$  — эмпирический коэффициент; для частиц прямоугольного поперечного сечения  $a = 0,9$ .

Величина  $\rho_m$  в процессе сушки меняется. В формуле (13) следует использовать ее усредненное значение [1].

Согласно исследованиям С. Н. Святкова, отношение скорости материала к скорости газа в горизонтальных трубопроводах составляет 0,80—0,85, а в вертикальных — на 30% меньше. Учитывая это обстоятельство, путем преобразования формул (10) и (11) получим соответственно для периодов постоянной и падающей скорости сушки

$$k = 0,5 \left( \frac{v_r}{v_s} \right)^{0,805}; \quad k = 0,46 \left( \frac{v_r}{v_s} \right)^{0,9}. \quad (14)$$

Формулы (14) позволяют вычислить поправочный коэффициент для сушилок пневматического и аэрофонтанного типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. П. Д. Лебедев. Сушка инфракрасными лучами. ГЭИ, 1956. [2]. А. В. Лыков. Тепло-массообмен в процессах сушки. Госэнергоиздат, 1951. [3]. С. Н. Святков. Пневматический транспорт измельченной древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1966. [4]. Л. А. Тетерин. Разработка экспериментального метода и исследование процесса сушки измельченной древесины во взвешенном состоянии. Диссертация, М., 1969. [5]. И. М. Федоров. Теория и расчет процесса сушки. Госэнергоиздат. М.—Л., 1955. [6]. Г. С. Шубин. Исследование процесса и разработка метода расчета продолжительности высокотемпературной сушки древесины (тонкие сортаменты). Диссертация, М., 1964.

Поступила 7 февраля 1972 г.

УДК 658.272 : 674.032.475.4

## РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВОГО ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ КРАСНОЯРСКОГО ПРИАНГАРЬЯ

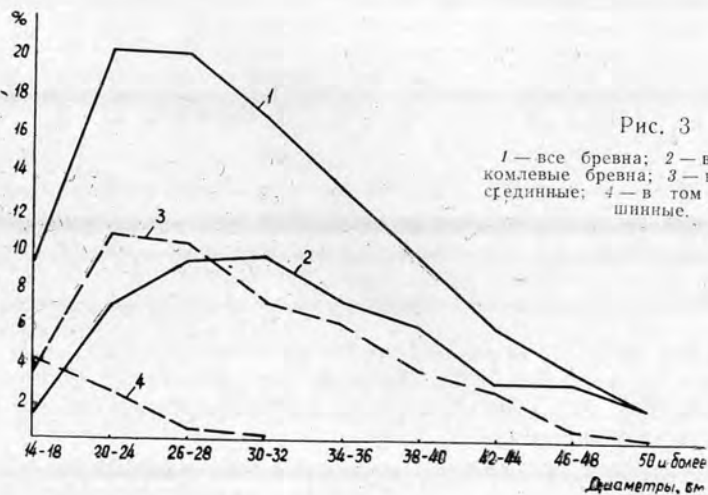
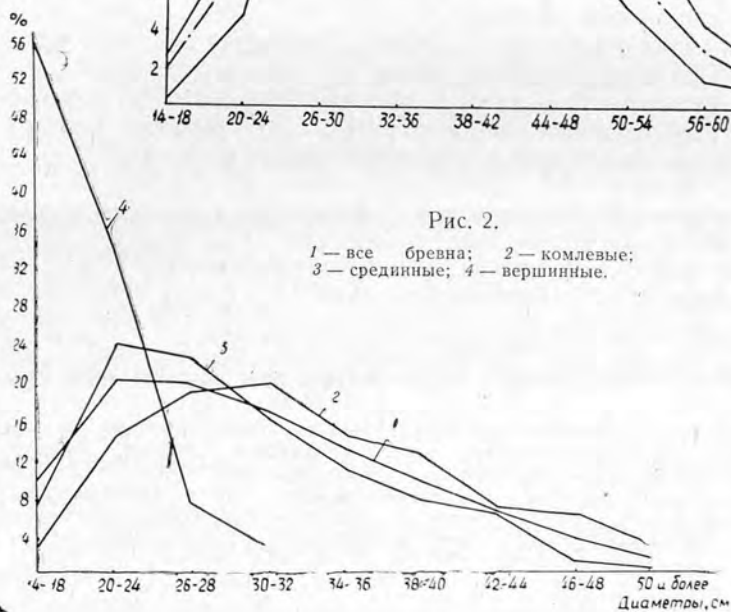
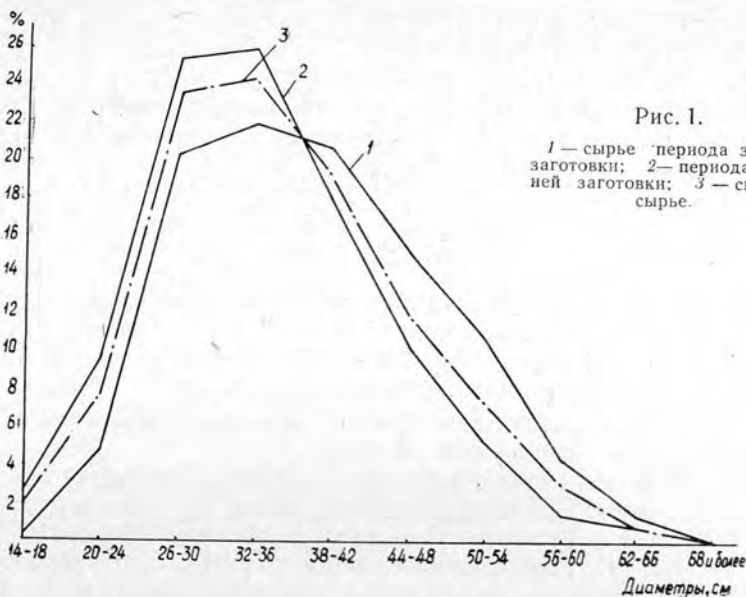
Г. П. МУСИХИН

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены материалы исследования в условиях лесопромхозов характеристики соснового пиловочного сырья Красноярского Приангарья.

От размерно-качественной характеристики пиловочного сырья зависит технология его переработки и применение того или иного оборудования. Кроме того, эта характеристика определяюще влияет на выход пилопродукции при распиловке.

Нами изучено сосновое пиловочное сырье в одном из районов Красноярского края — Красноярском Приангарье. На первом этапе в



нескольких леспромхозах выборкой из сменных рапортов работы лесопильных цехов были установлены средние размеры бревен, распределение их по диаметрам и сортам. В Дзержинском леспромхозе выборка взята за два периода: летний (июнь—июль 1970 г.) и зимний (январь 1971 г.). По каждой выборке получено распределение бревен в процентном отношении по диаметрам, определены средние показатели: диаметр, длина, объем. Выборке подвергнуто всего 22 332 бревна, в том числе в летний период 14 683 бревна и в зимний 7649 бревен. Средние диаметры—32,5 см для лета и 33,5 см для зимы; средняя длина 5,85 м.

Преимущественно выпиливали бревна длиной 6,0; 5,0 и 6,5 м; в процентном соотношении это соответственно составляло 69,8, 13,9 и 12,4. Характер кривых распределения соснового пиловочного сырья (летнего и зимнего) по диаметрам в процентном соотношении одинаков (рис. 1) с отклонением в сторону увеличения удельного веса больших диаметров (по объему) для сырья зимней заготовки; разница не превышает 1—1,5%. Это объясняется, на наш взгляд, тем, что в леспромхозах основной сезон лесозаготовок—зима и в рубку поступает лучшая часть лесфонда.

На втором этапе летом 1971 г. был осуществлен пересчет соснового пиловочного сырья на нижнем складе леспромхоза непосредственно при разделке хлыстов и подаче пиловочника в лесопильный цех. Это позволило определять бревна по месту вырезки их из хлыста более точно, чем при учете на складах сырья лесопильно-деревообрабатывающих предприятий. Всего пересчету было подвергнуто 2602 пиловочных бревна общим объемом 1035,2 м<sup>3</sup>. Комлевые бревна составили по количеству 37,1%, по объему 47,9%, срединные— по количеству 46,4%, по объему 44,5%, вершинные— по количеству 16,3%, по объему 7,6%.

На рис. 2 показан размерный состав сосновых пиловочных бревен, %, из разных мест вырезки (по объему), на рис. 3—удельный вес сосновых пиловочных бревен по диаметрам, %, с учетом разных мест вырезки (по объему).

Данные о пороках для сосновых пиловочных бревен из разных мест вырезки при сортировке по ГОСТу 9463—60 приведены в табл. 1, для бревен различных сортов и разных мест вырезки— в табл. 2.

При анализе пиловочного сырья можно отметить следующее.

1. Пораженность соснового пиловочного сырья трещинами, по различным данным, сильно колеблется.

Некоторые авторы [2], [4] относят трещины к основным порокам и определяют встречаемость их в размере 18, 42 и 42,8%. Эти авторы исследовали пиловочное сырье на предприятиях, куда оно доставлялось или сплавом, или по железной дороге; при этом на сырье влияет такой фактор как растрескивание от усушки и механических воздействий при хранении, транспортировке и перегрузке лесоматериалов.

Другие исследователи [3], [5] относят трещины к числу прочих пороков. Эти ученые исследовали сырье непосредственно в лесу или на нижних складах леспромхозов. Распиловка пиловочника непосредственно в леспромхозах имеет преимущества, так как получаемые брусья и пиломатериалы по сравнению с бревнами меньше подвержены растрескиванию.

По данным пересчета трещинам подвержены, в основном, комлевые бревна и в меньшей степени— срединные. С повышением диаметра количество сортообразующих трещин увеличивается. Основной сортообразующий порок вершинных бревен— сучки (для II сорта— 100%, для III сорта— 97%, для IV сорта— 91,5%). Вершинные бревна резко отличаются от остальных двух групп как по размерному, так

Таблица 1

Диаметр бревна, см	Бревна	Количество учетных бревен, %	Встречаемость основных сортообразующих пороков, %							Количество бревен, %	
			сучков	трещины	гниль	кривизны	сухобокости	механических повреждений	прочих	без сортообразующих пороков	«по диаметру»
14—16	Комлевые	10,2	0,3	0,8	—	2,5	0,8	0,3	0,3	—	5,1
	Срединные	26,1	18,2	0,3	—	0,6	0,6	0,3	0,3	—	6,0
	Вершинные	63,7	60,7	—	0,3	1,1	0,6	0,8	—	—	—
18—24	Комлевые	28,6	3,2	0,8	1,1	4,8	3,4	1,5	0,6	1,6	11,6
	Срединные	53,5	39,2	0,5	0,5	1,4	2,6	1,7	0,6	0,5	6,2
	Вершинные	17,9	16,7	—	0,2	0,6	0,3	—	0,1	—	—
26—34	Комлевые	48,5	5,2	3,0	2,2	4,4	5,4	2,2	1,6	24,4	—
	Срединные	49,4	32,8	0,8	2,0	1,0	2,9	0,5	0,6	8,9	—
	Вершинные	2,1	2,0	0,1	—	—	—	—	—	—	—
36—44	Комлевые	57	11,7	3,5	5,4	0,7	5,4	0,7	5,0	24,6	—
	Срединные	43	24,6	1,1	3,5	0,7	2,5	1,1	1,1	8,6	—
	Вершинные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46—58	Комлевые	78,5	11,9	11,9	11,9	2,4	4,8	2,4	4,6	31,9	—
	Срединные	21,5	11,9	—	2,4	—	—	—	—	7,2	—
	Вершинные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Бревна, относимые к I сорту, учитывались нами как бревна безсортообразующих пороков. Сортообразующий признак «по диаметру» введен нами для бревен  $d = 14-24$  см, переходящих во II сорт из-за размера по диаметру.



и по качественному составу, и заслуживают выделения их при сортировке в особую категорию.

2. При перечете пиловочного сырья мы особо рассматривали случаи, когда гниль, встречаясь в сорimente, не является сортообразующим пороком. Встречаемость гнили как сортообразующего порока, по нашим наблюдениям, в сосновом пиловочном сырье невелика и повышается с увеличением диаметра. Гниль преобладает в комлевых бревнах, в срединных ее меньше, в вершинных значительно меньше. В целом встречаемость гнили в пиловочном сырье равна 3,4%.

Встречаемость несортообразующей гнили незначительна: для комлевых бревен — 2,78%, срединных — 0,58%, вершинных — 0,24%, для всех бревен — 1,3% (35 бревен). В четырех из 27 комлевых бревен гниль находится в вершинном торце. В остальных случаях как у комлевых, так и у срединных бревен гниль расположена в нижнем торце, что, в известной мере, говорит о преобладании в сосновом пиловочном сырье комлевых (напеленных) гнилей.

3. При перечете сырья нами введен принцип сортообразования «по размеру диаметра». Это означает, что бревна, не подходящие по ГОСТу к первому сорту только из-за размера диаметра, переводятся во второй сорт (к первому сорту могут относиться бревна диаметром не менее 26 см). В общем числе учтенных бревен эта группа составила 216 бревен, или 8,5%, в том числе 13,9% комлевых и 7,1% срединных. На наш взгляд, это ограничение ГОСТа не отвечает целям наиболее эффективного использования ресурсов пиловочного сырья. Являясь в подавляющей части комлевыми (61,2% группы), эти бревна представляют весьма ценное пиловочное сырье, причем они менее подвержены таким порокам как гнили, трещины, чем бревна более крупных размеров. Несколько меньшая величина пиловочных зон не должна становиться главным критерием отнесения их к второму сорту.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Влияние пороков на сортность хвойных лесоматериалов. Журн. «Лесная индустрия» № 5, 1935. [2]. В. Ф. Ветшева, Н. Н. Зайцева. Сравнительное исследование унифицированного и действующего стандарта по данным перечета сырья на Тайгурском ЛДК. Труды СТИ, Красноярск, 1963. [3]. Количественная и качественная характеристика круглых лесоматериалов, заготавливаемых по ГОСТам 9462—60 и 9463—60. Труды ЦНИИМЭ, вып. 113, Химки, 1971. [4]. В. И. Кублицкая. Характеристика крупномерного соснового сырья Ангаро-Енисейского бассейна. СибТИ, Красноярск, 1955. [5]. Б. Н. Тихомиров. Пороки в пиловочных бревнах древесины сосны. Журн. «Механическая обработка древесины» № 8, 1940.

Поступила 23 февраля 1972 г.

УДК 674-419.3

## ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО ШВА ПРИ ФАНЕРОВАНИИ

Л. С. ГЛУХИХ

Уральский лесотехнический институт

Изучено влияние внутренних напряжений в клеевых швах на прочность склеивания при фанеровании. Внутренние напряжения измеряли тензометрически при фанеровании образцов еловых, буковых и из древесностружечной плиты с применением различных клеевых материалов.

В. М. Хрулев, Л. М. Ковальчук и другие исследователи одним из факторов, влияющих на прочность клеевого слоя или любого другого полимерного покрытия, называют внутренние напряжения, возникающие в них в период отверждения и эксплуатации [4], [6].

Основная цель нашей работы — установить влияние внутренних напряжений в клеевых швах при фанеровании на прочность склеивания.

Внутренние напряжения в клеевых швах измеряли тензометрическим способом [3] при фанеровании буковых и еловых образцов, а также образцов из древесностружечной плиты. Размеры образцов  $150 \times 100 \times 20$  мм. Фанеровали строганым шпоном ясеня с применением клеев на основе смол МФ-17, МФ, УКС и ПВА эмульсии.

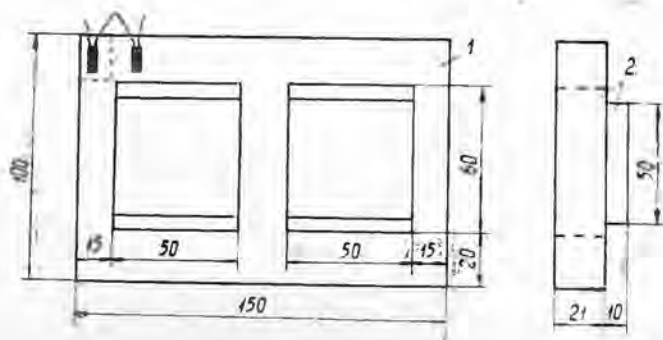


Рис. 1. Схема раскроя образца.  
1 — фанерованного; 2 — для скалывания.

Прочность склеивания характеризовали условным пределом прочности ( $\tau$ ,  $\text{кг/см}^2$ ) при скалывании, определяемым по общепринятой методике при испытании образцов, размеры и форма которых представлены на рис. 1. При этом качество склеивания считалось удовлетворительным, если при адгезионном характере разрушения  $\tau$  была не меньше  $10 \text{ кг/см}^2$ .

При выяснении связей между прочностью склеивания и внутренними напряжениями использованы значения относительных внутренних напряжений  $\sigma_{\text{отн}}$  в клеевом шве после выдержки образцов в течение 24 час и значения условных пределов прочности  $\tau$  при скалывании после 48-часовой выдержки. Возможность сравнения значений  $\sigma_{\text{отн}}$  и  $\tau$ , полученных через разные промежутки времени, была подтверждена при рассмотрении величин относительных внутренних напряжений в клеевом шве через 24 и 48 час, согласно критерию  $\chi$  [1], недостоверна.

Корреляционную связь между прочностью склеивания и величиной относительных внутренних напряжений устанавливали в пределах каждого опыта или по группе опытов. В данном случае за отдельный опыт принята серия наблюдений по исследованию влияния одного конкретного фактора на величину напряжений в клеевом соединении.

Составы клеев, применяемых при склеивании, количество опытов, по которым устанавливалась корреляционная связь между прочностью склеивания и внутренними напряжениями в отдельных опытах, приведены в табл. 1.

Количество опытов при фанеровании еловых образцов с применением ПВА эмульсии — 10.

В группы опытов входят результаты исследований влияния вида фанеруемых древесных материалов (1 группа), вида клеев и их свойств (2 группа) и состава рабочего раствора клеев (3 группа) на величину внутренних напряжений в клеевом шве при фанеровании.

Таблица 1

№ со- став	Состав клея				Порода фанеруе- мого образца	
	отвердитель	количе- ство от- вердителя, вес. части	наполнитель	количе- ство на- полнителя, вес. части	Число опытов	

## На 100 вес. частей смолы МФ-17

1	10%-ный раствор шавелевой кислоты	15	—	—	Бук 15	Ель 10
2		20	—	—	Бук 10	Ель 10
3		15	Древесная мука	2	Бук 8	Ель 8
4		10	.	2	Бук 10	—
5		10	.	4	Бук 10	—
6		10	—	—	—	Ель 8
7		15	Крахмал	2	—	Ель 10
8	20%-ный раствор шавелевой кислоты	7,5	—	—	—	Ель 10
9	40%-ный раствор шавелевой кислоты	3,75	—	—	—	Ель 10

## На 100 вес. частей смолы УКС

10	10%-ный раствор шавелевой кислоты	15	—	—	—	Ель 8
11	Ортофосфорная кислота (K=1,11)	15	—	—	—	Ель 8
12	.	3	—	—	—	Ель 10

## На 100 вес. частей смолы МФ

13	10%-ный раствор шавелевой кислоты	15	—	—	—	Ель 10
----	-----------------------------------	----	---	---	---	-----------

В первом случае фанеровали образцы из ели, бука и древесно-стружечной плиты с применением клея К-17 постоянного состава (на 100 вес. частей смолы МФ-17 15 вес. частей 10%-ного раствора шавелевой кислоты (состав 1, табл. 1). Во втором случае фанеровали еловые образцы с помощью клеев на основе смол МФ-17, УКС и МФ, содержащих по 15 вес. частей 10%-ного раствора отвердителя (составы 1, 10, 13, табл. 1) и с помощью ПВА эмульсии. Для использованных клеевых материалов определяли модуль упругости и предел прочности при растяжении. Размеры и форма испытываемых клеевых образцов соответствовали ГОСТу 11262—65 «Пластмассы. Методы испы-

тания». В третьем случае при фанеровании буковых образцов применяли клей К-17, содержащий различное количество 10%-ного раствора шавелевой кислоты (состав 1, 2, табл. 1) и наполнителя — древесной муки (состав 3, 4, 5, табл. 1), при фанеровании еловых образцов использовали клей К-17 (составы 1, 2, 3, 6, 7, табл. 1) и клей УКС (составы 10, 11, 12, табл. 1).

При анализе данных по группам опытов с величиной внутренних напряжений в клеевых швах сравнивали не только пределы прочности склеивания, но и величины отношений ( $K = \frac{\tau - \sigma_{\text{обс}}}{\sigma_{\text{отн}}}$ ), которыми характеризовались в данном случае запасы прочности соединений.

Корреляционную зависимость вычисляли по общепринятой методике, предположив, что между прочностью и внутренними напряжениями наблюдается линейная связь [5], и применив ранговую корреляцию по Спирмену [1].

Корреляционная связь между прочностью и внутренними напряжениями установлена из рассмотренных опытов только для случая фанерования буковых образцов с применением клея К-17, содержащего 15 вес. частей 10%-ного раствора шавелевой кислоты (состав 1, табл. 1).

В этом случае уравнение регрессии имеет вид

$$\tau = (0,247 \sigma_{\text{отн}} + 74,2) \text{ кг/см}^2$$

и характеризуется следующими параметрами:  $r = 0,745$ ; ошибка в определении  $r$  равна 0,116; достоверность связи больше 0,999.

Для случая фанерования бука с применением клея К-17 первого состава обычный коэффициент корреляции, вычисленный по коэффициентам ранговой корреляции  $R_n$ , оказался равным — 0,5, табличный коэффициент в предположении о нормальном приближении равен + 0,44. Это свидетельствует о наличии связи между  $\tau$  и  $\sigma_{\text{отн}}$ , но в данном случае увеличение внутренних напряжений приводит к уменьшению прочности склеивания. Анализ влияния внутренних напряжений на прочность клеевого соединения по обобщенным группам опытов представлен ниже. В первую группу включены опыты по изучению влияния вида фанеруемых материалов на величину внутренних напряжений в клеевом шве. Значения внутренних напряжений в клеевых швах и пределы прочности образцов при скальвании приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Вид фанеруемого материала	№ состава клея по табл. 1	$\sigma_{\text{отн}}$ , кг/см <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{обс}}$ , кг/см <sup>2</sup>	$\tau$ , кг/см <sup>2</sup>	$K$
1	Бук (массив)	1	95,86	5,56	98,3	0,97
2	Ель ( " )	1	294,70	12,94	45,7	0,73
3	Древесностружечная плита	1	375,50	5,97	28*	—

\* Образцы при испытаниях разрушались.

При сравнении величин  $\sigma$  и  $\tau$ , приведенных в табл. 2, видно, что прочность склеивания уменьшается при увеличении внутренних напряжений в клеевом шве.

Результаты второй группы опытов приведены в табл. 3. Здесь даны значения внутренних напряжений  $\sigma$  в клеевых швах при фанерование еловых образцов, пределы прочности склеивания  $\tau$ , соответствующие им коэффициенты запаса прочности  $K$ , а также модули упругости  $E$  и пределы прочности  $\sigma$  клеевых пленок при растяжении.

Таблица 3

№ п/п	Вид клея	№ состава по табл. 1	E, кг/см <sup>2</sup> , клеевой пленки	σ, кг/см <sup>2</sup> , клеевой пленки	Напряжения в клеевом шве, кг/см <sup>2</sup>		Прочность τ, кг/см <sup>2</sup>	K
					σ <sub>отн</sub>	σ <sub>абс</sub>		
1	К-17	1	7100	5,72	294,7	12,94	45,7	0,73
2	МФ	13	9580	18,35	519,0	22,62	51,8	0,55
3	УКС	10	10670	30,30	763,0	33,61	61,5	0,46
4	ПВА	—	—	51,00	370,0	15,69	43,64	0,63

Из данных табл. 3 видно, что предел прочности склеивания при скальвании возрастает с увеличением внутренних напряжений в клеевом шве; видимо, в этом случае влияют физико-механические свойства самого клея. Клеевые материалы, обладающие большими прочностью и модулем упругости, дают при склеивании более прочные клеевые швы. Коэффициент запаса прочности *K* снижается с увеличением внутренних напряжений в клеевом шве.

Результаты третьей группы опытов приведены в табл. 4. При фанеровании как буковых, так и еловых образцов с применением клея К-17 разного состава прочность склеивания, как отмечалось ранее [2], увеличивается при снижении внутренних напряжений в клеевых швах. Аналогичное явление наблюдается при фанеровании еловых образцов клеями К-17 и УКС разного состава.

Таблица 4

№ п/п	Вид клея	№ состава по табл. 1	Порода древесины фанеруемого образца	Внутренние напряжения в клеевом шве, кг/см <sup>2</sup>		τ, кг/см <sup>2</sup>	K
				σ <sub>отн</sub>	σ <sub>абс</sub>		
1	К-17	1	Бук	95,86	5,56	98,3	0,97
2		201,87		11,78	88,0	0,86	
3		231,18		13,50	52,8	0,75	
4		256,00		14,95	35,6	0,59	
5		401,70		23,46	40,7	0,40	
6		6	Ель	133,20	5,85	58,4	0,89
7		1		294,70	12,94	45,7	0,73
8		2		333,20	17,62	29,1	0,40
9		7		557,00	24,45	36,1	0,32
10		3		635,00	27,86	36,2	0,23
11	УКС	10		763,00	33,61	61,5	0,46
12		12		871,80	38,37	64,3	0,40
13		11		1007,00	44,36	57,1	0,22

В этой же группе опытов изучено влияние внутренних напряжений на прочность склеивания при фанеровании с помощью клея К-17 с постоянным количеством отвердителя (1,5 г щавелевой кислоты на 100 вес. частей смолы), вводимого в клей в виде растворов разной концентрации. Значения внутренних напряжений в клеевых швах при фанеровании еловых образцов, пределы прочности при скальвании и соответствующие им значения коэффициентов запаса прочности приведены в табл. 5.

Увеличение внутренних напряжений в клеевом шве способствует снижению прочности соединения.

Таблица 5

№ п/п	№ состава клея по табл. 1	Внутренние напряжения в клеевом шве, кг/см <sup>2</sup>		τ, кг/см <sup>2</sup>	K
		σ <sub>отн</sub>	σ <sub>абс</sub>		
1	1	294,7	12,94	45,7	0,73
2	8	539,4	23,63	53,6	0,56
3	9	716,0	31,43	55,4	0,43

Таким образом, при данном распределении пределов прочности при скалывании клееных образцов и внутренних напряжений в клеевых швах корреляционная связь имеется только в случае фанерования буковых образцов с применением клея К-17, содержащего 15 вес. частей отвердителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Л. Ван дер Варден. Математическая статистика, М., 1960. [2]. Л. С. Глухих, В. Н. Петри. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1970. [3]. Л. С. Глухих, В. Н. Петри. Труды УЛТИ, вып. XX, 1969. [4]. Л. М. Ковальчук, Ю. Л. Сенчило. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1968. [5]. И. А. Смирнов, Н. В. Дуин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики, М., 1969. [6]. В. М. Хрулев. Долговечность клеевых соединений древесины, М., 1962.

Поступила 19 ноября 1971 г.

УДК 621.923/924:674.032.16

### ВЛИЯНИЕ ЗЕРНИСТОСТИ АБРАЗИВНОГО КРУГА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

А. И. ЯЦЮК, И. М. ЗАЯЦ

Львовский лесотехнический институт

Рассматриваются результаты исследования процесса шлифования древесины хвойных пород абразивными кругами зернистостью 40, 50 и 63 при постоянных скорости и глубине резания и переменной подаче на оборот круга. Установлено, что с увеличением зернистости абразива стойкость круга повышается, чистота шлифованной поверхности ухудшается. При шлифовании древесины кругами различной зернистости диапазон оптимальных подач изменяется. Даются рекомендации по подбору зернистости круга и его твердости для шлифования древесины хвойных пород.

На показатели процесса шлифования влияют скорости резания и подачи [2], глубина резания [3], зернистость абразива, направление обработки по отношению к волокнам древесины и другие факторы. Ниже рассматриваются результаты исследования влияния зернистости абразива на стойкость инструмента и его износ, чистоту шлифованной поверхности и удельную производительность шлифования.

Удельная производительность шлифования  $g$  представляет собой количество материала, снятое кругом с обрабатываемого объекта шириной в 1 см за единицу времени:

$$g = 0,32 bh \frac{U_0 V}{L} \text{ см}^3/\text{сек.} \quad (1)$$

где  $b$  — ширина шлифования, мм;  
 $h$  — глубина резания, мм;

$U_0$  — подача на оборот круга, мм/об;

$V$  — скорость резания, м/сек;

$D$  — диаметр круга, мм.

Для изучения брали образцы из древесины сосны влажностью 8—10%. Шлифование производили вдоль волокон в радиальной плоскости кругами зернистостью 40; 50 и 63 при глубине резания 0,4 мм. Твердость кругов 1650—1700 кг/см<sup>2</sup>. Скорость резания 35 м/сек.

В процессе исследования измеряли: износ круга — индикатором с ценой деления 0,01 мм, чистоту поверхности — при помощи микроскопа МИС-11 и длину шлифования за период стойкости круга. Стойкость круга — это время его работы между двумя правками, в течение которого высота неровностей шлифованной поверхности увеличится в два раза по сравнению с начальной.

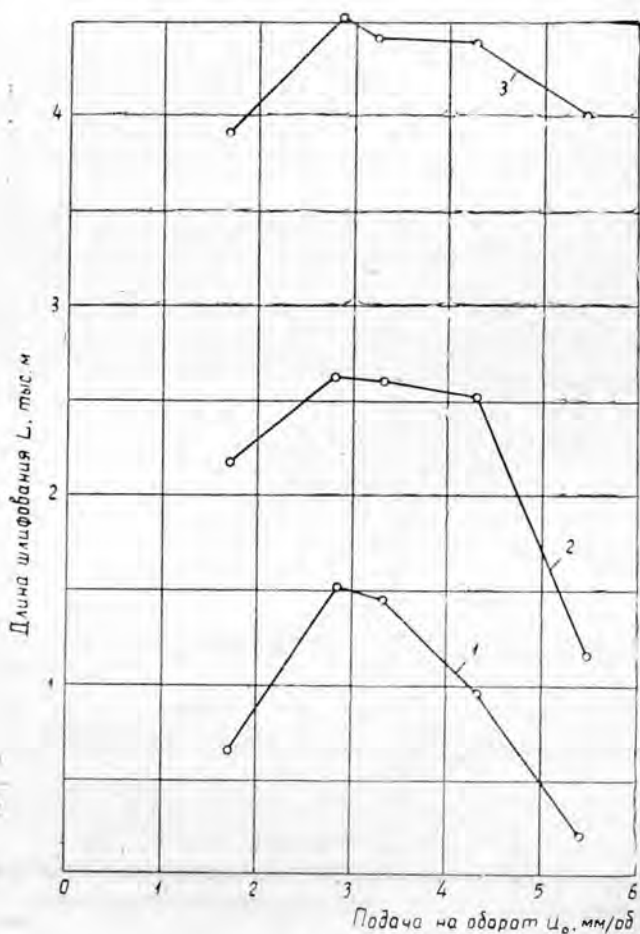


Рис. 1.

1 — зернистость круга  $z = 40$ ; 2 —  $z = 50$ ; 3 —  $z = 63$ .

Зависимость длины шлифования от подачи на оборот круга при постоянной скорости и глубине резания представлена на рис. 1, из которого видно, что зернистость абразива мало влияет на закономерность изменения длины шлифования от подачи. С увеличением подачи

длина шлифования за период стойкости круга каждой зернистости возрастает до определенной величины, затем остается примерно постоянной и в дальнейшем снижается. В данном случае, как было указано нами ранее [2], каждый из взятых кругов в зависимости от подачи  $U_0$  может работать в режимах засаливания (подъем кривых при сравнительно малых подачах), самозатачивания (участок кривых близок к горизонтальному) и износа (спад кривых при больших подачах). Учитывая сказанное, приходим к выводу, что при работе круга в режиме самозатачивания и частично в режиме износа получают наибольшую длину шлифования, сравнительно высокая удельная производительность и хорошее качество шлифованной поверхности. Названные режимы работы круга можно считать оптимальными.

Из рис. 1 также видно, что зернистость абразива оказывает влияние на стойкость круга и, соответственно, на длину шлифования. При работе круга зернистостью 40 в режиме износа ( $U_0 = 5,40$  мм/об) длина шлифования составляет 200 пог. м; круг зернистостью 50 в том же режиме работы и при том же численном значении  $U_0$  дает длину шлифования 1200 пог. м, а круг зернистостью 60 — 3800 пог. м.

При работе кругов указанных зернистостей в режиме самозатачивания ( $U_0 = 2,84$  мм/об) длина шлифования также различна. Так, например, для круга зернистостью 40 она составляет 1500 пог. м, для круга зернистостью 50 — 2700 пог. м и для круга зернистостью 63 — 4500 пог. м.

Сравнивая длины шлифования, полученные при работе взятых кругов в оптимальном режиме (режим самозатачивания и частично режим износа), можно заключить, что при всех прочих равных условиях увеличение зернистости круга на один номер приводит к возрастанию длины шлифования в среднем на 70%.

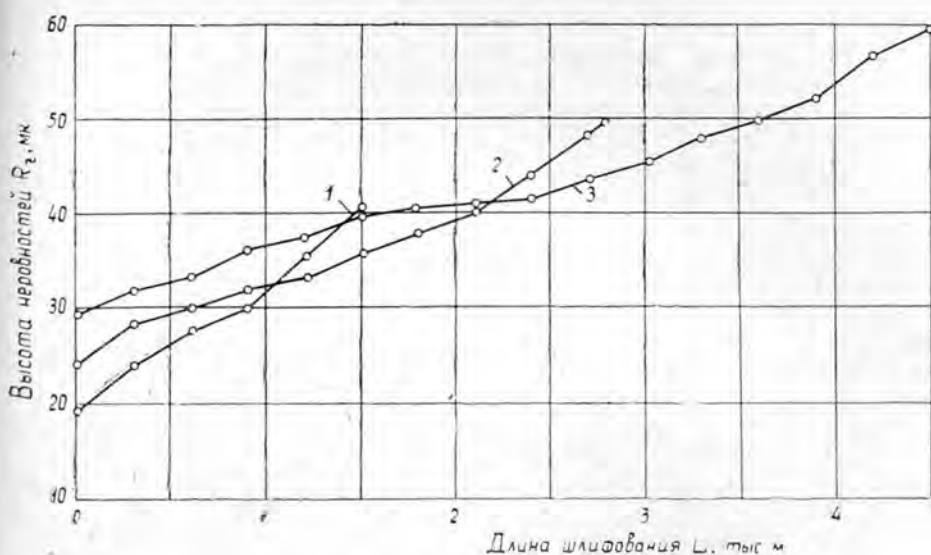
Из рис. 1 следует также, что каждый из взятых кругов за период стойкости обеспечивает максимальную длину шлифования не только при одном численном значении оптимальной подачи  $U_0$ . Круги могут работать в оптимальном режиме в определенном диапазоне подач. Подробный анализ полученных данных показал, что диапазон оптимальных подач  $U_0$ , обеспечивающий хорошее качество обработки, сравнительно высокие удельную производительность и длину шлифования, расширяется с увеличением зернистости круга. Так, например, для круга зернистостью 40 диапазон оптимальных подач  $U_0 = 2,6 \div 3,5$  мм/об, 50 —  $U_0 = 2,8 \div 4,8$ ; 63 —  $U_0 = 2,8 \div 5,5$ .

Нами установлено также, что при всех прочих равных условиях шлифования оптимальная твердость круга разной зернистости различна. Так, для заданной глубины резания круг зернистостью 40 имеет твердость на 10—15% ниже по сравнению с кругом зернистостью 50, твердость которого равна  $1665$  кг/см<sup>2</sup>. Круг зернистостью 63 при тех же условиях шлифования имеет твердость на 10—15% выше по сравнению с кругом зернистостью 50. При постоянной глубине резания оптимальная твердость круга каждого последующего номера зернистости увеличивается на 10—15%.

Зависимость высоты неровностей шлифованной поверхности от длины шлифования при работе кругов в режиме самозатачивания представлена на рис. 2, из которого видно, что с увеличением длины шлифования высота неровностей обработанной поверхности возрастает; в первом приближении зависимость близка к линейной.

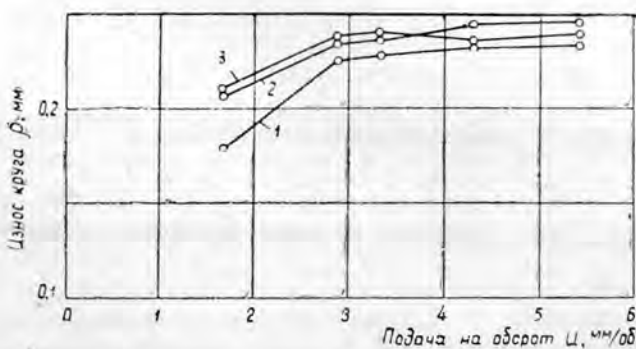
Зернистость абразива оказывает существенное влияние на чистоту шлифованной поверхности. Увеличение зернистости круга, аналогично шлифовальной шкурке [1], ухудшает чистоту шлифованной поверх-



Рис. 2.  $V = 35$  м/сек;  $U_0 = 2,84$  мм/об;  $h = 0,4$  мм.1 — зернистость круга  $z = 40$ ; 2 —  $z = 50$ ; 3 —  $z = 63$ .

ности. Это можно объяснить тем, что чем больше зернистость круга, тем меньше количество зерен, принимающих участие в формировании поверхности и, следовательно, больше высота неровностей обработанной поверхности.

Зернистость абразива практически мало влияет на износ круга за период стойкости (рис. 3). Величина износа круга зависит от режима шлифования. При работе круга в режиме засаливания износ его по диаметру наименьший, а в режиме износа наибольший.

Рис. 3. Зависимость износа круга от подачи на оборот  $U_0$ .1 — зернистость круга  $z = 40$ ; 2 —  $z = 50$ ; 3 —  $z = 63$ .

Удельную производительность шлифования  $g$  определяли из выражения (1), откуда следует, что при постоянных  $h$ ,  $V$ ,  $D$  и  $b$  и жестком прижиге шлифуемых деталей к режущему инструменту удельная производительность шлифования зависит только от подачи на оборот круга. Так, при  $U_0 = 5,40$  мм/об  $g = 1,28$  см<sup>3</sup>/сек; при 4,26 —  $g = 0,99$ ; при 3,30 —  $g = 0,78$ ; при 2,84 —  $g = 0,66$ ; при 1,64 мм/об  $g = 0,39$  см<sup>3</sup>/сек. В данном случае шлифования (с жестким прижимом обрабатываемых

деталей к кругу) зернистость абразива не влияет на удельную производительность. Вместе с тем, сравнивая среднее значение оптимальных подач  $U_0$  для кругов различных зернистостей и удельную производительность шлифования, получаемую при этих подачах, можно заключить, что при оптимальных режимах шлифования круги большей зернистости обеспечивают большую удельную производительность шлифования. С увеличением зернистости абразива при работе инструмента в оптимальном режиме удельная производительность шлифования повышается.

Таким образом, зернистость абразива существенно влияет на стойкость инструмента, чистоту шлифованной поверхности и удельную производительность шлифования. Для удаления больших неровностей с поверхности детали следует применять круги большей зернистости; они имеют сравнительно высокую стойкость и обеспечивают большую производительность процесса. Чтобы получить чистоту поверхности высокого класса и при небольших глубинах резания, следует применять круги мелкозернистые. Для обеспечения эффективности процесса шлифования черновую обработку лучше всего производить кругами зернистостью 80, 63 и т. д., для получения чистоты поверхности в пределах 9 класса — кругами зернистостью 32, 40 или 50.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. М. Буглай. Технология столярно-мебельного производства. Гослесбумиздат, М., 1960. [2]. И. М. Залц. Выбор оптимальных скоростей резания и подачи при шлифовании древесины хвойных пород абразивными кругами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969. [3]. И. М. Залц. Режимы шлифования древесины сосны абразивными кругами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1970.

Поступила 7 декабря 1971 г.

УДК 634.0.812

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРУГИХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Б. П. ЕРЫХОВ, Ю. П. СЫРНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Получены формулы для вычисления вязкости, когда частицы твердого тела колеблются перпендикулярно направлению распространения волны. Модуль сдвига и вязкость определяли на одной установке в диапазоне 7—70 *гц*.

Рассмотрено соотношение между динамической сдвиговой вязкостью, вычисленной по реологическим моделям Максвелла и Кельвина. Показано, что «естественная» модель для метода крутильных колебаний — модель Кельвина.

При определении внутреннего трения в твердых телах, как правило, применяют теорию линейной вязкоупругости, основные предположения которой сводятся к тому, что восстанавливающие силы пропорциональны амплитуде колебаний, а диссипативные силы пропорциональны скорости деформации. Для построения реологической модели твердого тела и определения параметров феноменологической релаксационной теории из эксперимента важно исследовать зависимость коэффициента вязкости и модулей упругости от частоты.

Процессы диссипации энергии при деформации твердого тела можно описать с помощью так называемой диссипативной функции  $\Psi$ . Наиболее общий вид такой функции [4], не связанной с реологической моделью тела,

$$\Psi = \frac{1}{2} \eta_{iklm} \dot{u}_{ik} \dot{u}_{lm}, \quad (1)$$

где  $\eta_{iklm}$  — симметричный тензор четвертого ранга; его можно назвать тензором вязкости;

$\dot{u}_{ik}; \dot{u}_{lm}$  — производные тензора деформации по времени.

Можно показать, что для изотропного твердого тела и воли с направлением колебаний, перпендикулярным направлению распространения волны (затухание крутильных колебаний в стержнях),

$$\Psi = \eta \dot{u}_{ik}^2, \quad (2)$$

здесь  $\eta$  — динамическая сдвиговая вязкость материала.

При крутильных колебаниях в стержнях выражение для сдвиговой динамической вязкости

$$\eta = \frac{2\rho c_t^2 \Delta}{4\pi^2 \nu}, \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность материала;  
 $\Delta$  — логарифмический декремент затухания;  
 $\nu$  — циклическая частота крутильных колебаний;

$c_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  — скорость поперечных волн в материале;  
 $G$  — динамический модуль сдвига материала.

Или окончательно

$$\eta = \frac{2G \Delta}{4\pi^2 \nu}. \quad (4)$$

Модуль сдвига  $G$  для призматических стержней с сечением в виде прямоугольника со сторонами  $A \leq B$  определяли на специальном лабораторном приборе [2] и рассчитывали по формуле

$$G = \frac{4\pi^2 I_c h \nu^2}{k_1 A^3 B}, \quad (5)$$

здесь  $I_c$  — момент инерции колеблющейся системы относительно вертикальной оси;  
 $h$  — высота скручиваемой части образца;  
 $\nu$  — циклическая частота крутильных колебаний, соответствующая первой гармонике;

$k_1 = f \left( \frac{B}{A} \right)$  — коэффициент формы, определяемый отношением сторон сечения [5].

О вязкости твердого тела как о скалярной величине, характеризующей процессы диссипации энергии в материале, можно говорить только при условии реализации деформации чистого сдвига, как это имеет место в случае крутильных колебаний. При наличии и объемных деформаций вязкость должна выражаться симметричным тензором четвертого ранга — формула (1). Во многих экспериментальных работах, посвященных определению вязкости твердых тел, методологический подход различен. Из-за недооценки методологического фактора в работу одного из авторов данной статьи [3] вкралась досадная ошибка: тангенс угла механических потерь  $\text{tg } \theta$  был ошибочно приравнен специфическому рассеянию  $\frac{\Delta W}{W}$  — формула (4), что правомочно лишь для модели Кельвина. Однако эта ошибка, как ни странно, привела к правильному выражению при расчете действительной вязкости твердых тел для случая крутильных колебаний материала. Дело в том, что вязкость, рассчитанная по формуле (4), совпадает с  $\eta_k$ -вязкостью,

рассчитанной в предположении, что данный материал подчиняется модели Кельвина. Действительно, для модели Кельвина

$$\frac{\omega \eta_k}{G} = \operatorname{tg} \Theta = \frac{1}{Q} = \frac{\Delta}{\pi}, \quad (6)$$

где  $\Theta$  — угол сдвига между напряжением и деформацией образца;

$Q$  — добротность колеблющейся системы;

$\Delta$  — логарифмический декремент затухания.

Отсюда

$$\eta_k = \frac{2 G \Delta}{4\pi^2 \nu}. \quad (7)$$

Нетрудно показать, что для модели Максвелла выражение для коэффициента вязкости

$$\eta_M = \frac{G}{2\nu\Delta}. \quad (8)$$

Отношение коэффициентов  $\eta_k$  и  $\eta_M$  к вязкости по формуле (4) соответственно равны

$$\frac{\eta_k}{\eta} = 1; \quad \frac{\eta_M}{\eta} = \frac{\pi^2}{\Delta^2}. \quad (9)$$

Однако это совпадение вязкостей следует рассматривать как чисто формальное. Действительно, в нашем опыте материал подвергали деформации чистого сдвига; при этом упругие напряжения сдвига, а также напряжения, вызванные наличием сдвиговой вязкости, просто складываются; это формально и соответствует модели Кельвина, так как для этой модели упругий и вязкостный элементы («пружина» и «поршень») включены параллельно. Именно так складываются упругие и вязкие напряжения в кельвиновской среде [6]. Эту модель следует рассматривать как естественную или «собственную» модель нашего опыта. (Очевидно, для определения сдвиговой вязкости удобнее иметь дело с деформацией чистого сдвига).

Критерием того — подчиняется ли реологическое поведение материала при деформации сдвига модели Кельвина — служит независимость действительной части модуля от частоты и прямая пропорциональность мнимой части частоте (независимость динамической сдвиговой вязкости от частоты) [1].

В противном случае эксперимент, поставленный с образцом без объемных деформаций, дает зависимость динамической сдвиговой вязкости и модуля сдвига от частоты. Если образец не работает в условиях чистого сдвига, то вязкость, рассчитанная из логарифмического декремента затухания  $\Delta$ , не является динамической сдвиговой вязкостью материала, а характеризует «вязкость» колеблющейся системы, что не имеет особого физического смысла.

На рис. 1 приведен график зависимости  $\eta = \eta_k$  и  $\eta_M$  от частоты для образцов из оргстекла, на рис. 2 — для древеснослоистого пластика типа ДСПБ-А в диапазоне частот 7—70 гц. Частоту варьировали изменением геометрии испытуемого образца. Для этого из одних и тех же образцов оргстекла и древеснослоистого пластика вырезали по три образца длиной до 30—40 см с сечениями  $2 \times 2$ ;  $2 \times 0,5$ ;  $1 \times 1$  см и варьировали высоту рабочей части образцов  $h$ .

Логарифмические декременты затухания и модули сдвига для данного диапазона частот менялись незначительно; для оргстекла

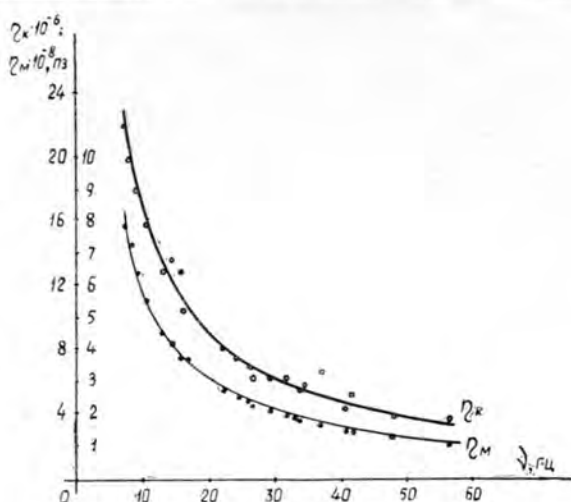


Рис. 1

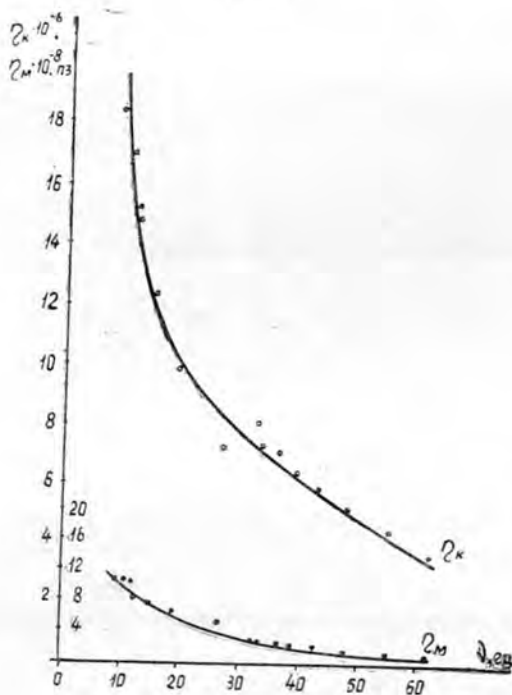


Рис. 2

$\Delta = 0,22$ ;  $G = 1,67 \cdot 10^{10} \frac{\partial H}{\partial t \text{ см}^2}$ ; для ДСПБ-А  $\Delta = 0,085$ ;  $G = 2,10 \cdot 10^{10} \frac{\partial H}{\partial t \text{ см}^2}$ .

Отношение  $\frac{\tau_m}{\tau_k}$  — формула (9) — составляет величину от одного до двух порядков и более.

Методические опыты, поставленные с оргстеклом при условии сохранения постоянной частоты крутильных колебаний, но с разными колеблющимися системами (менялись момент инерции  $I_c$  и высота  $h$ ), дали для вязкости  $\eta$  одно и то же значение. Если условие чистого сдвига не реализовывалось (например, образец оргстекла работал как

консоль), то для одной и той же частоты изгибных колебаний, но для разных колеблющихся систем получались различные значения  $\tau$ , что и следовало ожидать. Описанный метод можно рекомендовать для определения динамической сдвиговой вязкости различных твердых тел: древесины, полимеров, пластиков, анизотропных материалов и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. Бленд. Теория линейной вязкоупругости. Изд-во «Мир», М., 1965, 148.  
 [2]. Б. П. Ерыхов. Прибор для определения модуля сдвига древесных материалов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1968, 96—100. [3]. Б. П. Ерыхов, Н. Л. Перфильева. Исследование реологических свойств древесины в динамическом режиме нагружения. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1969, 82—86. [4]. Л. Д. Ландау, Е. Н. Лифшиц. Теория упругости. Изд-во «Наука», М., 1965, 189—191, 197. [5]. Л. С. Лейбензон. Курс теории упругости. М.—Л., 1947, 259. [6]. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. Изд-во «Наука», М., 1964, 210.

Поступила 9 июля 1970 г.

УДК 674.817-41

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКОПА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

П. М. ГРИГОРЬЕВ

Уральский лесотехнический институт

Показано, что при совместном использовании и правильном составлении композиции из скопа и рафинерной массы получают твердые плиты высокой прочности. Физико-механические свойства изготовленных плит удовлетворяют требованиям ГОСТа 4598—60 на твердые плиты.

Основной вид отходов древесного волокна — скоп. Сюда входят мелкофибриллированные древесные частицы, обрывки волокон, слизь и др.

Автором проведена работа по определению возможности использования скопа для изготовления твердых древесноволокнистых плит. Различные серии плит отличаются одна от другой процентным соотношением между скопом и добавляемой крупномерной древесной рафинерной массой. Древесная масса получена с Балахнинского целлюлозно-бумажного комбината Горьковской области.

Древесную массу исследовали на степень помола, фракционный состав и некоторые другие показатели. Фракционный состав определяли на аппарате Хурум по стандартной методике (ГОСТ 1783—42) [3]. Древесные массы были разделены на пять фракций с целью более точного определения развинутой поверхности частиц и количества мелких частиц в массе. С учетом этих факторов строили диаграммы прессования волокнистых плит. Показатели фракционного состава и степени помола приведены в табл. 1, из данных которой видно, что каждая исходная масса имеет сложный фракционный состав.

Таблица 1

Древесная масса	Степень помола, °ШР	Содержание древесной массы, % от веса абс. сухого волокна, по фракциям				
		№ 8	№ 25	№ 50	№ 100	мельч
Скоп	49	39,7	22,7	1,1	1,4	35,1
Рафинерная	11	88,2	1,7	0,5	0,7	8,9

Из этих двух масс составляли комбинированную древесную массу так, чтобы получить желаемое процентное соотношение между исходными массами или желаемый фракционный состав комбинированной массы.

Оптимальный состав комбинированной массы определяли методом исключения. Для нахождения экстремальных значений содержания исходных древесных масс в комбинированной массе был проведен поисковый эксперимент [1].

Установлено, что высококачественные твердые древесноволокнистые плиты получают из комбинированной древесной массы, составленной из скопа и рафинерной массы, соотношение которых можно изменять в пределах 30—70% по весу.

Данные о составе комбинированных древесных масс, использованных нами для изготовления плит, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Древесная масса	Содержание древесной массы, % от веса абс. сухого волокна, для плит серии				
	1	2	3	4	5
Скоп	30	40	50	60	70
Рафинерная	70	60	50	40	30

Твердые древесноволокнистые плиты получали мокрым способом: при этом проклеивающие вещества не применялись. В качестве гидрофобной добавки использован парафин в количестве 1% от веса абс. сухого волокна.

Для всех серий плит приняты температура прессования  $200 \pm 5^\circ\text{C}$ , давление  $50 \text{ кгс/см}^2$ . Продолжительность горячего прессования зависит от содержания скопа в комбинированной массе: чем его больше, тем цикл прессования продолжительнее. Наибольшее влияние на продолжительность прессования оказывают первая и вторая фазы цикла — механическое обезвоживание и сушка волокнистого ковра.

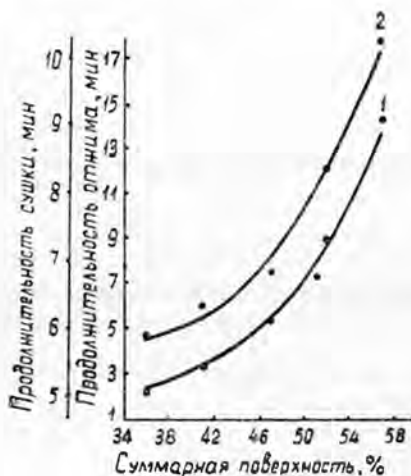


Рис. 1.

Результаты свидетельствуют о том, что продолжительность указанных фаз находится в зависимости от суммарной развернутой поверхности древесных частиц комбинированной древесной массы (рис. 1). Чем больше суммарная поверхность, тем продолжительнее фазы обезвоживания и сушки. С повышением содержания скопа в составе комбинированной массы суммарная поверхность древесных частиц сильно увеличивается.

В нашей работе обезвоживание волокнистого ковра происходило под действием гравитационных сил и вакуума (1000 мм вод. столба), создаваемого под сеткой отходящей водой. Влажность волокнистого ковра, загружаемого в горячий пресс, составляла 88—89%, тогда как в действующих цехах ДВП она обычно равнялась 60—70% [2].

Готовые древесноволокнистые плиты не подвергали пропитке высушающими маслами и термообработке в закалочных камерах; плиты частично закачивали в горячем прессе. Продолжительность закалки всех серий плит одинакова и равна 3 мин.

Показатели физико-механических свойств древесноволокнистых плит, изготовленных на основе комбинированной древесной массы, даны в табл. 3. Для сравнения приведены требования ГОСТа 4598—60 на твердые плиты. Из данных табл. 3 видно, что изготовленные с использованием скопа плиты удовлетворяют требованиям ГОСТа.

Таблица 3

Серия плит	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Водопоглощение за 24 часа, %	Набухание после 24 час пребывания в воде, %	Предел прочности при изгибе, кгс/см <sup>2</sup>
1	916	6	22	16	449
2	941	5	24	19	455
3	929	6	20	18	434
4	920	6	24	17	436
5	924	6	19	14	435
Требования ГОСТа 4598—60	Не менее 850	От 6 до 10	Не более 30	Не более 20	Не менее 400

Для всех пяти серий плит показатели физико-механических свойств почти одинаковы в выбранном интервале изменения состава комбинированной древесной массы. Разница заключается, как указывалось выше, в продолжительности прессования плит, которая составляет от 11,69 мин для первой серии плит до 28,54 мин для пятой серии.

Ориентировочные расчеты технико-экономических показателей производства твердых древесноволокнистых плит первой и второй серий показывают, что использование скопа и рафинерной массы экономически целесообразно. Расчетная себестоимость 1000 м<sup>2</sup> плит составляет 252 руб. Это не превышает среднесложившуюся себестоимость ДВП большинства специализированных цехов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. М. Григорьев. Ученые записки ГГПИ. Вып. 123, Горький, 1970.  
 [2]. С. П. Ребрин, Е. Д. Мерсов, В. Г. Евдокимов. Технология древесностружечных плит. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1971. [3]. Н. Я. Соленик. Производство древесноволокнистых плит. Гослесбумиздат, М., 1963.

Поступила 22 февраля 1972 г.



## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 634.0.824

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ  
И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ПИРОЛИЗА

А. А. АГРОСКИН, Е. И. ГОНЧАРОВ

Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности

Э. Д. ЛЕВИН, М. К. ШЛЯХАТДИНОВА

Сибирский технологический институт

Выполнены определения эффективной и истинной теплоемкостей, температуропроводности и теплопроводности коры лиственницы, полукоса из нее, а также теплоемкости древесины лиственницы в интервале температур 50—1000°C. На кривой эффективной теплоемкости обнаружены экстремальные точки при температурах 190, 350, 570 и 775°C. Истинная теплоемкость коры лиственницы монотонно возрастает с температурой и при 1000°C составляет 0,500 кал/г·град против 0,288 кал/г·град при 50°C.

Тепловые свойства древесины, коры и полученного из них полукоса, несмотря на теоретическую значимость и большую практическую важность, до сих пор не были систематически изучены.

При выборе метода определения теплоемкости твердого топлива в случае его нагрева до высокой температуры нами использован принцип диатермической оболочки, заключающийся в том, что изучаемый образец окружается некоторой оболочкой, на которой измеряют температурный перепад между ее сторонами [4]. Этот принцип в применении к твердому топливу был разработан А. А. Агроскиным, Ю. П. Барским, Е. И. Гончаровым, П. И. Канавцом [2]. Тепловой эффект  $\Delta H$  реакций пиролиза определяют по величине площади, ограниченной кривыми эффективной и истинной теплоемкостей. Искомые площади находят путем интегрирования кривых в исследуемом интервале температур [1]. По суммарной величине площадей, расположенных над кривой истинной теплоемкости, определяют эндотермический эффект реакций, а по величине площадей под кривой — экзотермический эффект. Величина погрешности вычисления теплоты реакций пиролиза по данному методу не превышает  $\pm 3\%$ .

При определении температуропроводности и теплопроводности углеродистых материалов был использован принцип метода, предложенного Ю. Е. Фрайманом [5]. Этот метод разработан нами применительно к углеродистым материалам [3]. Максимальная погрешность при вычислении температуропроводности топлива по данному методу не превышает  $\pm 3\%$ , а при вычислении коэффициента теплопроводности  $\pm 4\%$ .

Все описанные ниже определения проводили в токе очищенного азота при скорости нагрева 10 град/мин.

На рис. 1 приведены результаты определения эффективной и истинной теплоемкостей коры лиственницы в интервале температур 50—1000°C, отнесенные к 1 г исходной сухой коры. При температуре от 50 до 200°C эффективная теплоемкость коры значительно возрастает; при 190°C она достигает экстремального значения 0,480 кал/г·град.

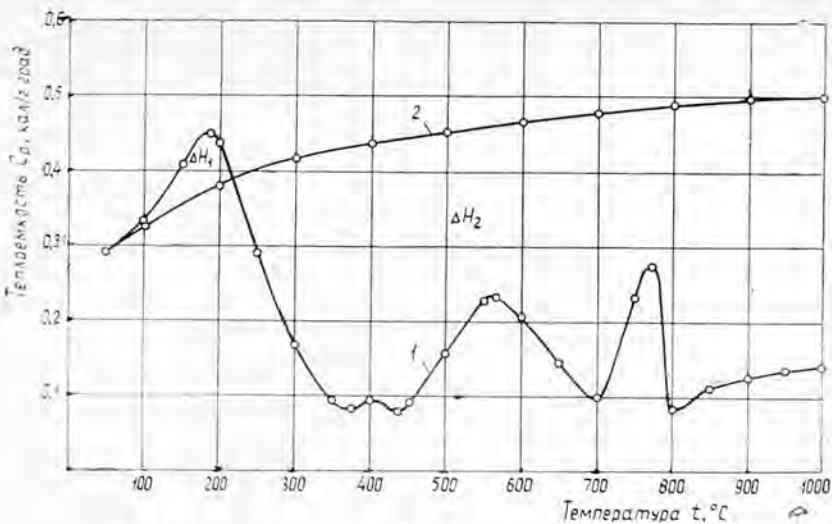


Рис. 1.

1 — эффективная теплоемкость; 2 — истинная теплоемкость.

Эндотермический эффект термораспада коры при 190°C, по-видимому, связан с началом деструкции полимерных молекул исходной пробы (разрыв глюкозидных связей в гемицеллюлозах и их разрушение). С дальнейшим нагревом эффективная теплоемкость резко падает и при 350°C достигает минимума ( $C_p = 0,148$  кал/г·град). Небольшой эндотермический эффект при 400°C ( $C_p = 0,184$  кал/г·град) по Э. Д. Левину и Н. Д. Барабаш можно объяснить почти полным разложением углеводного комплекса и частично лигнина с разрывом связи между ними. Одновременно алифатические группы отрываются от ароматических ядер лигнина. С повышением температуры нагрева отмечаются два резко выраженных максимума эффективной теплоемкости: при 570°C ( $C_p = 0,605$  кал/г·град) и при 775°C ( $C_p = 0,780$  кал/г·град).

Значение истинной теплоемкости коры лиственницы, или, вернее говоря, твердого остатка пиролиза были получены путем последовательной четырехчасовой изотермической выдержки пробы в атмосфере азота при 150, 300, 500, 700 и 900°C (рис. 1). Величина истинной теплоемкости монотонно возрастает с увеличением температуры и при 1000°C она составляет 0,500 кал/г·град против 0,288 кал/г·град при 50°C. Наибольшее повышение теплоемкости наблюдается при относительно низких температурах (до 400°C).

Сопоставление измерений эффективной и истинной теплоемкостей коры лиственницы в процессе нагрева (рис. 1) позволяет графически рассчитать величину теплового эффекта реакций процесса пиролиза коры лиственницы [5]. Эта величина, вычисленная по площадям, ограниченными кривыми эффективной и истинной теплоемкостей, составляет 221,5 кал на 1 г исходной сухой коры. Сравнение кривых рис. 1 показывает также, что пирогенетическое разложение коры лиственницы, сопровождаемое эндотермическим тепловым эффектом, начинается уже около 100°C. Бурное экзотермическое разложение коры наблюдается при 230—240°C, и эта основная пирогенетическая реакция продолжается примерно до 350—380°C.

Результаты определения эффективной и истинной теплоемкостей древесины лиственницы в интервале температур 50—1000° показаны на

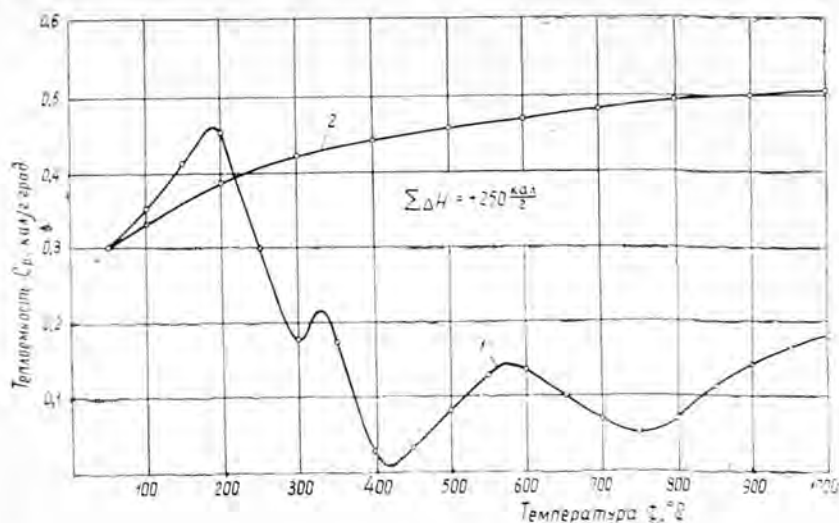


Рис. 2.

1 — эффективная теплоемкость; 2 — истинная теплоемкость.

рис. 2. Полученные данные отнесены к 1 г исходной пробы. Кривая 1 изменения эффективной теплоемкости древесины напоминает кривую 1 на рис. 1, однако имеется и ряд различий. После достижения максимума при  $180^\circ$  ( $C_p = 0,465 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$ ) эффективная теплоемкость древесины резко понижается и равняется  $0,178 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$  при  $300^\circ C$ . Затем наблюдается небольшой максимум при  $325^\circ C$  ( $C_p = 0,220 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$ ) и минимум при  $420^\circ C$ . При дальнейшем нагреве кривая изменения эффективной теплоемкости древесины проходит через эндотермический максимум при  $575^\circ C$  и эндотермический минимум при  $750^\circ C$ ; для коры лиственницы характерен эндотермический максимум при  $775^\circ C$ .

Из рис. 2 видно, что при повышении температуры истинная теплоемкость древесины монотонно увеличивается от  $0,300 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$  при  $50^\circ C$  до  $0,504 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$  при  $1000^\circ C$ . Наибольшее возрастание теплоемкости наблюдается в интервале температур  $50\text{—}400^\circ C$ . Истинная теплоемкость древесины и коры лиственницы практически одинакова почти во всем диапазоне исследованных температур и лишь немного различается в интервале  $50\text{—}150^\circ C$ .

На основе полученных температурных зависимостей эффективной и истинной теплоемкостей древесины лиственницы была рассчитана теплота реакций пиролиза в интервале  $50\text{—}1000^\circ C$ ; она составила  $250 \text{ кал/г}$ .

Величины теплоемкости полукокса из коры лиственницы, полученного при  $400^\circ C$ , приведены на рис. 3, из которого видно, что в интервале  $50\text{—}400^\circ C$  теплоемкость монотонно увеличивается с температурой и при  $400^\circ C$  достигает максимального значения —  $0,432 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$ . Естественно, что в этих температурных пределах величина теплоемкости соответствует истинным значениям ее. Поскольку полукокс по сравнению с исходной корой обогащен углеродом, истинная теплоемкость его существенно ниже истинной теплоемкости коры. Так, при  $100^\circ C$  теплоемкость полукокса составляет  $0,306 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$ , а теплоемкость коры —  $0,326 \text{ кал/г}\cdot\text{град}$ . Величины теплоемкости полукокса, полученные при нагреве его выше  $400^\circ C$ , соответствуют эффективным значениям ее. При  $570^\circ$  эндотермический максимум исчезает, что следует

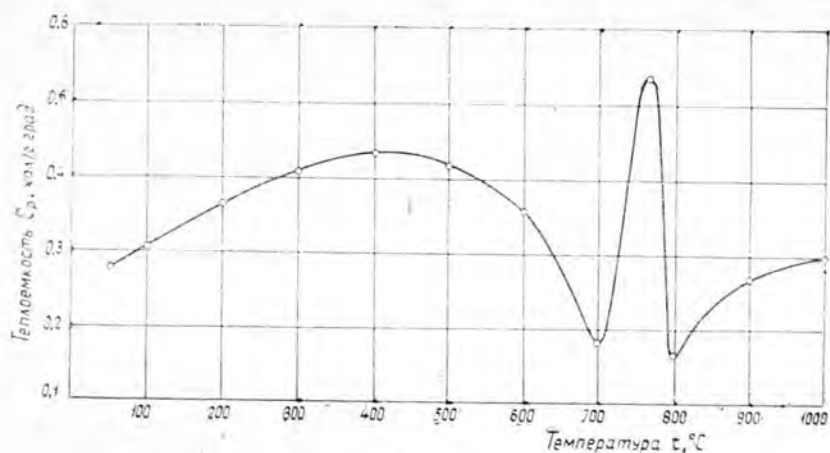


Рис. 3.

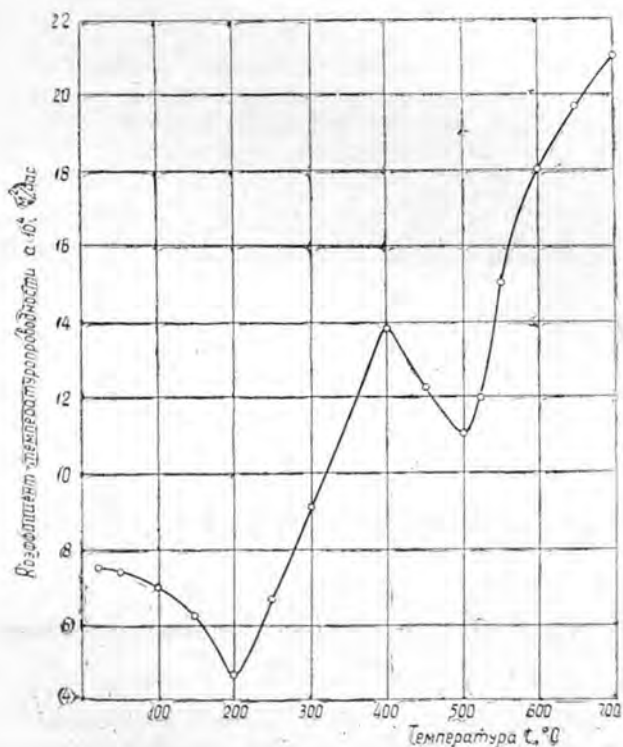


Рис. 4.

объяснить изотермической выдержкой полукокса при  $400^\circ\text{C}$  в процессе его получения. При дальнейшем нагреве кривые изменения эффективной теплоемкости полукокса характеризуются теми же экстремальными точками, которые были получены для исходной коры лиственницы.

Зависимость эффективного коэффициента температуропроводности коры лиственницы (объемный вес  $0,4 \text{ г/см}^3$ ) от температуры при скорости нагрева  $10 \text{ град/мин}$  приведена на рис. 4. Экзотермические реак-

ции начальной стадии процесса пиролиза приводят к уменьшению коэффициента температуропроводности от  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$  при  $50^\circ\text{C}$  до  $4,70 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$  при  $200^\circ\text{C}$ . При дальнейшем нагревании величина  $a$  резко увеличивается и при  $400^\circ\text{C}$  достигает максимального значения ( $13,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$ ), примерно соответствующего экзотермическому

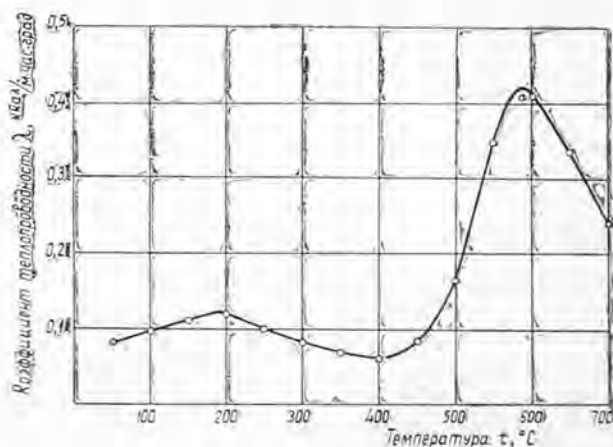


Рис. 5

минимуму на кривой эффективной теплоемкости. Затем коэффициент эффективной температуропроводности несколько уменьшается и достигает минимума при  $500^\circ\text{C}$  ( $a = 11,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$ ); по мере дальнейшего повышения температуры он резко увеличивается, достигая при  $700^\circ\text{C}$  значения  $21,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$ .

Результаты определения эффективного коэффициента теплопроводности коры лиственницы при объемном весе  $\rho = 0,4 \text{ г/см}^3$  графически показаны на рис. 5, из которого видно, что в интервале температур  $50\text{—}450^\circ\text{C}$  величина  $\lambda$  незначительно изменяется, проходя через небольшой максимум при  $200^\circ\text{C}$  ( $\lambda = 0,120 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ) и незначительный минимум при  $400^\circ\text{C}$  ( $\lambda = 0,062 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ ). Дальнейшее повышение температуры приводит к резкому увеличению коэффициента теплопроводности, достигающего при  $575^\circ\text{C}$  максимального значения  $0,420 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ . В интервале температур  $575\text{—}700^\circ\text{C}$  величина  $\lambda$  уменьшается и при  $700^\circ$  равняется  $0,238 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ .

Результаты определения коэффициента температуропроводности полукорки показывают, что при нагреве от  $20$  до  $400^\circ\text{C}$  величина  $a$  изменяется мало, но заметна тенденция к минимальному значению при  $250^\circ\text{C}$  ( $a = 8,60 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$ ). При нагреве до более высоких температур коэффициент температуропроводности полукорки резко увеличивается и при  $700^\circ$  достигает значения  $17,00 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{час}$ .

В интервале температур  $50\text{—}400^\circ\text{C}$  величина истинной теплопроводности полукорки из коры лиственницы линейно возрастает с температурой, составляя  $0,093 \text{ кал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$  при  $400^\circ$  против  $0,058 \text{ кал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$  при  $50^\circ$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Агроскин, Е. И. Гончаров, А. А. Макеев. Химия твердого топлива, № 3, 1963, стр. 129. [2]. А. А. Агроскин, Ю. П. Барский, Е. И. Гончаров, П. И. Канавец. ИВУЗ, «Энергетика» № 12, 1965, стр. 51. [3]. А. А. Агроскин, Е. И. Гончаров, Л. В. Ловецкий. Химия твердого топлива, № 4, 1968.

стр. 3. [4]. Ю. П. Барский. Труды. НИИСтройкерамики. Вып. 16, Госстройиздат, 1960, стр. 143; вып. 20, 1962, стр. 99. [5]. Ю. Е. Фрайман. Инженерно-физический журнал, № 10, 1964, стр. 73.

Поступила 24 февраля 1972 г.

УДК 674.048.3(088.8)

## АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЛА, ПОЛУЧАЕМОГО НА ОСНОВЕ ОТСТОЙНОЙ ЛИГНИНОВОЙ СМОЛЫ

Л. П. АЖАР, Э. Д. ЛЕВИН, Н. А. СОКОЛОВА

Сибирский технологический институт

Исследованы антисептические свойства масла, получаемого на основе отстойной лигниновой смолы. Показано, что масло обладает высокой токсичностью и по остальным показателям удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к известным масляным антисептикам; может быть рекомендовано для антисептирования изделий из древесины, применяемых в конструкциях, защищенных от воздействия влаги.

Ранее [1], [4], [5] нами было показано, что масло, полученное на основе отстойной лигниновой смолы, обладает гербицидным действием из-за наличия в нем ароматических углеводородов и фенолов. Известно [3], [6], [10], что указанные ароматические соединения обладают также фунгицидной токсичностью. Исходя из этого была изучена токсичность и другие антисептические свойства масла с целью выяснения возможности использования его в качестве антисептика для пропитки древесины. Результаты исследований приведены в данной статье.

Основные характеристики, определяющие качество известных масляных антисептиков [3], [10]: фунгицидная токсичность; способность проникновения в древесину; вымываемость; коррозионная способность; содержание воды и веществ, не растворимых в бензоле; температура вспышки; кинематическая вязкость; фракционный состав и летальная доза. Для определения указанных характеристик использовали масло, полученное путем пиролиза (при оптимальных условиях) смеси отстойной лигниновой смолы с корой лиственницы сибирской по технологии, описанной ранее [1], [4].

Токсичность масла определяли по методике ЦНИИМОДа [7] и оценивали пороговым поглощением Р95 (тем количеством введенного в древесину масла, которое снижает потерю веса древесины от воздействия дереворазрушающего гриба на 95% по сравнению с потерей веса контрольной древесины, не пропитанной маслом). При испытании на токсичность на культуре стандартного штамма гриба *Coniophora cerebella* Sch. в течение 60 суток выдерживали образцы древесины, содержащие различные количества масла, затем из графика, построенного по результатам испытаний в координатах поглощение — потеря веса, учитывали потерю веса древесины и определяли пороговое поглощение Р95. Образцы для испытаний изготовляли из прямослойной заболонной древесины сосны (размером 20 × 20 × 10 мм) и пропитывали маслом под вакуумом при остаточном давлении 15 мм рт. ст.

Испытание на вымываемость масла из пропитанной древесины проводили по описанной выше методике с той разницей, что пропитанные образцы перед введением их на культуру дереворазрушающего гриба предварительно подвергали водной обработке. Для этого образцы древесины помещали в стаканы емкостью 500 мл, наполненные дистиллированной водой, и покрывали противовсплывной сеткой. Про-

мывные воды меняли через каждые двое суток. Вымывание проводили в течение 30 дней.

В табл. 1 приведены результаты исследований токсичности и вымываемости масла из пропитанной древесины, где потеря веса древесины определена как средняя для десяти образцов каждого поглощения. Достоверность разницы потери веса древесины (для контроля и различных поглощений масла) оценивали по критерию Стьюдента [8]. Для 5%- и 1%-ного уровней значимости во всех случаях величины разности существенны. Уменьшение потери веса древесины с увеличением содержания в ней масла вызвано его токсичностью, а не случайными факторами.

Таблица 1

Древесина	Средняя потеря веса древесины, % к исходному весу, при различных поглощениях масла, %						Пороговое поглощение P95, %
	0,41	0,83	1,56	3,35	5,95	13,40	
Пропитанная маслом . . . . .	51,8	48,9	41,5	8,7	2,1	0,7	4,80
Пропитанная и подвергнутая вымыванию . . . . .	56,9	53,4	45,8	10,8	4,8	3,2	5,90
Контроль (без обработки) . . . . .	51,8	51,0	61,6	58,6	63,0	57,3	

Коррозионную способность испытывали на пластинах из стали марки Ст3 при полном погружении их в масло на 30 суток и при контакте пластин с пропитанной маслом древесиной, которая находилась в термогидрате в течение 50 суток при влажности воздуха 70—80% и температуре 45—50°C. По потере веса пластин и их площади рассчитывали весовой и глубинный показатели (ГОСТ 13819—68) скорости коррозии стальных пластин (табл. 2).

Таблица 2

Пластины	Показатель скорости коррозии стальных пластин	
	весовой, г/м <sup>2</sup> час	глубинный, мм/год
В воде (контроль) . . . . .	0,039	0,044
В масле . . . . .	0,022	0,025
Контактирующие с непропитанной древесиной (контроль) . . . . .	0,091	0,103
Контактирующие с пропитанной древесиной . . . . .	0,012	0,013

Анатомическими исследованиями (с помощью микроскопа МБИ-6) поперечных, радиальных и тангенциальных срезов из пропитанных маслом образцов заболони сосны установлено, что масло распределяется в древесине по сердцевинным лучам, смоляным ходам и полостям поздних трахенд. Разницы в путях продвижения исследуемого масла при пропитке им древесины по сравнению с известными масляными антисептиками [10] не наблюдалось.

Методом Дина и Старка [9] определяли содержание в масле воды, стандартными методами — температуру вспышки в открытом тигле (ГОСТ 4333—48), кинематическую вязкость (ГОСТ 33—66), фракционный состав (ГОСТ 2177—59), содержание в масле веществ, не растворимых в бензоле (ГОСТ 2770—59). Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Величина показателей
Содержание, % воды	3—4
не растворимых в бензоле веществ	0,2—0,5
Вязкость кинематическая, <i>сст</i>	
при 50°C	10,80
при 80°C	4,14
Температура вспышки, °C	73—75
Фракционный состав (объемн. %), отгоняется при температуре, °C	
до 180	2,5—3,0
260	33,0—34,0
340	63,0—64,0
370	87,5—89,0

Все новые пестицидные препараты должны иметь характеристику их токсичности (летальную дозу — ЛД<sub>50</sub>) для человека и теплокровных животных. На основании испытаний, проведенных сотрудниками кафедры микробиологии Красноярского медицинского института, летальная доза (ЛД<sub>50</sub> для мышей) масла равна 1500 мг на 1 кг веса животного. По принятой в СССР классификации пестицидные препараты [6], у которых ЛД<sub>50</sub> более 1000 мг/кг, считаются малотоксичными.

Из приведенных результатов исследования антисептических свойств масла следует, что оно обладает высокой фунгицидной токсичностью; по остальным показателям оно также удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к известным масляным антисептикам, и может быть рекомендовано для антисептирования изделий из древесины, применяемых в конструкциях, защищенных от воздействия влаги [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1971. [2]. Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, Н. А. Соколова, Авторское свидетельство СССР № 297477. [3]. А. Я. Калининш. Консервирование древесины. Гослесбумиздат, М., 1962. [4]. Э. Д. Левин, Л. П. Ажар, Б. Р. Эйдус. Сб. «Химия древесины», № 1, изд. «Зинатне», Рига, 1968. [5]. Э. Д. Левин, Б. Р. Эйдус, Л. П. Ажар, Р. А. Эльцберг, Т. Ф. Кандалинцева, Авторское свидетельство СССР № 225618. [6]. Н. Н. Мельников. Химия пестицидов. Изд-во «Химия», М., 1968. [7]. В. В. Миллер, Е. Н. Майер. Труды ЦНИИМОДа, № 2 (8), 1951. [8]. П. Ф. Рскицкий. Биологическая статистика. Изд-во «Высшая школа», Минск, 1967. [9]. В. П. Сумароков, Л. В. Гордон. Химико-технический контроль лесохимических производств, Гослесбумиздат, М.—Л., 1956. [10]. М. Хунт, А. Геррат. Консервирование древесины, Гослесбумиздат, М., 1961.

Поступила 1 декабря 1971 г.

УДК 547.992.3

## О СОСТАВЕ УГЛЕВОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦАХ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Б. Д. БОГОМОЛОВ, В. А. ПИВОВАРОВА

Архангельский лесотехнический институт. Проблемная лаборатория

Исследован состав углеводов в образцах лигноуглеводных комплексов в зависимости от условий выделения.

Ранее мы [1] сообщали о выделении из древесины сосны 11 образцов лигноуглеводных комплексов (ЛУК), которые отличались по выходам и содержанию лигнина. Данная статья посвящена результатам



исследования углеводного состава в полученных образцах. Так как образцы были получены при различных длительностях размола и ступенчатой экстракции, то представляло интерес проследить, как в этих условиях меняется в них состав углеводов.

С этой целью ЛУК были подвергнуты гидролизу по методике Бьеркмана [5]. Моносахариды в гидролизатах определяли методом бумажной хроматографии [3] с системой растворителей ацетон—бутанол—вода (7:2:1). В результате получены данные по составу углеводов для всех 11 образцов. Моносахариды, определенные в гидролизатах, были пересчитаны на полисахариды [4], содержание которых в ЛУК показано в табл. 1. Для удобства сравнения образцов ЛУК по содержанию углеводов количество каждого полисахарида пересчитывали по отношению к общему количеству полисахаридов и выражали в относительных процентах. Чтобы сравнить состав углеводов ЛУК с составом гемицеллюлоз древесины сосны, из которой выделены ЛУК, количественно определяли полисахариды, входящие в состав гемицеллюлоз исходной древесины сосны.

Таблица 1

Полисахариды	Содержание полисахаридов, %, при продолжительности размола, час											
	12			18			24			30		
	на ступенях экстракции											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Галактан . .	11,3	11,5	11,1	10,5	11,8	10,1	10,9	11,4	9,4	11,1	11,6	
Глюкан . .	7,6	7,8	7,7	7,2	7,2	7,1	7,0	7,4	7,1	7,4	7,8	
Маннан . .	18,0	18,2	19,2	17,7	18,6	17,6	18,0	18,3	17,9	18,2	19,4	
Ксилан . .	10,6	10,2	10,3	10,7	9,6	8,5	10,1	11,0	10,8	10,9	11,1	
Арабиан . .	4,8	5,0	5,2	4,9	4,4	4,3	4,6	5,0	5,2	4,6	5,2	

Определяли моносахариды в гидролизатах легко- и трудногидролизуемых полисахаридов древесины сосны [6]. Данные по составу моносахаридов приведены в табл. 2. При этом моносахариды, определенные в гидролизате трудногидролизуемых полисахаридов, можно условно считать связанными с целлюлозой. Исходя из этого допущения, легкогидролизуемые полисахариды можно считать гемицеллюлозами. На основе полученных данных по составу моносахаридов в гидролизатах легкогидролизуемых полисахаридов был рассчитан состав гемицеллюлоз исходной древесины сосны и выражен в относительных процентах.

Таблица 2

Моносахариды	Количество моносахаридов, % от древесины	
	I опыт	II опыт
Гидролизаты легкогидролизуемых полисахаридов:		
галактоза	3,0	3,4
глюкоза	1,8	2,10
манноза	9,9	10,10
ксилоза	3,7	3,80
арабиноза	1,8	1,80
Гидролизаты трудногидролизуемых полисахаридов:		
глюкоза	42,0	39,5
ксилоза	0,90	1,00
манноза	2,1	2,4

Таблица 3

Полисахариды	Относительные количества полисахаридов, %												
	в гемицеллюлозах исходной древесины сосны	в ЛУК при продолжительности размола, час											
		12			18			24			30		48
		на ступенях экстракции											для сосны Скотса [5]
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Галактан . . .	15,0	21,6	21,8	20,8	20,6	22,9	21,4	21,6	21,5	18,7	21,2	21,0	15,0
Глюкан . . .	9,5	14,6	14,8	14,3	13,9	13,9	14,8	13,7	13,9	14,1	14,2	14,1	25,0
Маннан . . .	49,0	34,4	34,6	36,0	34,9	36,0	37,0	35,6	34,4	35,6	35,0	35,2	32,0
Ксилан . . .	18,0	20,2	19,4	19,2	21,0	18,6	17,8	20,0	20,8	21,4	20,8	20,2	15,0
Арабан . . .	8,5	9,2	9,4	9,7	9,6	8,6	9,0	9,1	9,4	10,2	8,8	9,5	13,0

В табл. 3 показаны относительные количества полисахаридов в различных образцах ЛУК и в гемицеллюлозах из древесины сосны.

Анализируя данные табл. 1 и 3, следует отметить, что все исследованные образцы ЛУК, независимо от продолжительности размола и степени экстракции, содержат в своем составе одни и те же полисахариды. В количественном отношении углеводная часть ЛУК состоит на две трети из гексозанов и на одну треть из пентозанов.

При сопоставлении относительных количеств полисахаридов в различных образцах ЛУК и в гемицеллюлозах (табл. 3) видно, что в ЛУК полисахариды имеют состав, близкий к гемицеллюлозам исходной древесины. В количественном отношении полисахариды в исследованных образцах ЛУК разнятся между собой незначительно. Во всех образцах ЛУК среди гексозанов преобладает маннан, а из пентозанов — ксилан. Это вполне понятно, так как известно, что в древесине хвойных пород основные полисахариды — глюкоманнан (15—18%) и 4-О-метилглюкуроноарабоксиан (8—10%) [2].

Бьеркманом [5] были исследованы лигноуглеводные комплексы, полученные из различных пород древесины, в основном, из норвежской ели, сосны Скотса и белой березы. Во всех случаях для каждой породы древесины полученные образцы ЛУК по составу углеводной части близки к составу гемицеллюлоз. Особенно подробно Бьеркман изучил ЛУК, выделенный из норвежской ели.

В табл. 3 приведены также относительные количества полисахаридов в ЛУК, полученном Бьеркманом из сосны Скотса при вибропомоле ее в течение 48 час и экстрагировании диметилформамидом в течение 165 дней. При сравнении с нашими данными следует отметить, что имеются некоторые различия в количествах полисахаридов, определенных в ЛУК из исследуемой нами сосны и сосны Скотса. Но в обоих случаях гексозаны составляют две трети от общего содержания полисахаридов, а пентозаны — одну треть.

Различное время размола и ступенчатая экстракция размолотой древесины диметилформамидом не влияют существенно на состав полисахаридов в выделенных образцах ЛУК.

Полученные образцы ЛУК оказались однородными по составу углеводов. Бьеркман [5] сделал предположение, что выделяемые ЛУК представляют собой смесь лигноуглеводных соединений и гемицеллюлоз.

Итак, нами исследован углеводный состав образцов ЛУК, выделенных из древесины сосны, размолотой на вибромельнице в течение 12, 18, 24 и 30 час, и ступенчато экстрагированных диметилформамидом в течение 30 дней (1-я ступень), 60 (2-я ступень) и 90 (3-я ступень).

Изученные образцы ЛУК содержат в своем составе одни и те же полисахариды, однородны по составу углеводов и состоят на две трети из гексозанов и на одну треть из пентозанов. Состав ЛУК близок к составу гемицеллюлоз исходной древесины сосны.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Богомолов, В. А. Пивоварова, Н. Д. Бабилова. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1972. [2]. Б. Л. Браунинг. Химия древесины. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1967, 273. [3]. И. С. Гелес. Химическая переработка древесины. ЦНИИТЭИлеспром, № 15, 1967, 10. [4]. В. И. Шарков, Н. И. Куйбина, Ю. П. Соловьева. Количественный химический анализ растительного сырья. Изд-во «Лесная промышленность», М., 1968. [5]. A. Björkman. Svensk Pappers Tidn., № 7, 1957, 243. [6]. A. Kiesel, N. Semiganowsky. «Ber.», 60, 1927, 332.

Поступила 21 февраля 1972 г.

УДК 634.0.812

### ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЯ В ШАХТНЫХ СУШИЛКАХ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Д. ЮДКЕВИЧ, С. Я. КОРОТОВ, М. А. ХОРЬКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Приведены результаты экспериментального исследования, позволяющие уточнить коэффициенты сопротивления и использовать их для расчета гидравлических параметров слоя. Показана возможность применения уравнений Козени — Кармана для расчета слоя древесных материалов с меняющимися в процессе сушки параметрами.

Специфические свойства древесины — изменение объема при сушке, развитая поверхность и повышенная порозность слоя — затрудняют применение известных расчетных методов к гидравлическим параметрам слоевых сушилок.

Сопротивление слоя древесного материала можно описать уравнением Козени — Кармана

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{\omega^2}{2} \rho \frac{S}{\varepsilon^3} f, \quad (1)$$

где  $\frac{\Delta p}{l}$  — удельное сопротивление слоя газовому потоку,  $н/м^3$ ;

$\omega$  — скорость потока в полном сечении аппарата,  $м/сек$ ;

$\rho$  — плотность газового потока  $кг/м^3$ ;

$S$  — удельная поверхность материала, отнесенная к единице объема насыпного слоя,  $м^2/м^3$ ;

$\varepsilon$  — порозность слоя,  $м^3/м^3$ ;

$f$  — коэффициент сопротивления.

В чисто вязкостном режиме

$$f = \frac{8K}{Re},$$

а в режиме, где силы инерции существенны,

$$f = \frac{8K'}{Re} + K_{II}.$$

В этих формулах  $K$ ,  $K'$  и  $K_{II}$  — коэффициенты, учитывающие свойства слоя и поверхности составляющих его частиц;

$Re$  — критерий Рейнольдса;

$$Re = \frac{16 G}{\pi D^2 S \mu},$$

где  $D$  — диаметр шахты, м;

$G$  — массная скорость потока,  $\frac{кг}{сек}$ ;

$\mu$  — динамический коэффициент вязкости газового потока,  $\frac{н \cdot сек}{м^2}$ .

Для слоя древесного материала найдено, что  $K = 11,1$ ;  $K' = 4,55$  с точностью  $\pm 10\%$ . Установлено, что коэффициент  $K_n$  зависит от формы элементов слоя и структуры засыпки и меняется в пределах 0,5—1,7. Данные подтвердились как на моно-, так и полифракционных засыпках из частиц воздушно сухой древесины.

Учитывая, что параметры древесины в процессе сушки меняются, необходимо установить возможность применения коэффициентов, найденных для воздушно сухого материала, к влажной, постепенно высыхающей древесине. Чтобы определить удельную поверхность образцов неправильной формы, нужно знать величины коэффициентов  $K$  и  $K'$ , как это показано нами ранее\*.

Исследования были проведены на модельных образцах, поверхность которых поддается прямому замеру. Приготавливали два образца из сосны, отличающиеся по форме (№ 1 — равносторонняя призма  $a = 15$  мм,  $h = 10$  мм; № 2 — прямоугольный параллелепипед  $a = 10$  мм,  $h = 16$  мм), и один из березы (№ 3 — цилиндр  $d = 12$  мм,  $h = 20$  мм).

Сопоставление данных по этим образцам позволяет оценить влияние породы, размера и формы частицы на значение коэффициентов, характеризующих сопротивление слоя.

Образцы обмеряли, определяли их кажущуюся и насыпную плотность и влажность, пропитывали водой до полного насыщения под вакуумом. Затем последовательно на нескольких стадиях сушки измеряли сопротивление слоя образцов и каждый раз производили все перечисленные замеры. Сушка протекала в поле инфракрасного излучения. Результаты обработки полученных данных применительно к образцу № 3 приведены в табл. 1.

Таблица 1

W, % абс.	S, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	$\varepsilon$ , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	K	K'	K <sub>n</sub>
92,4	209	0,46	—	4,6	0,75
54,8	216	0,44	12,5	4,7	0,68
30,9	219	0,45	10,2	4,6	0,55
15,3	228	0,44	—	4,6	0,50
5,2	237	0,43	11,6	4,4	0,55

Для других образцов получили аналогичные значения коэффициентов. Поскольку коэффициенты  $K$  и  $K'$  с достаточной для технических расчетов точностью совпадают с полученными при исследовании сухой древесины и сохраняют постоянство, можно считать доказанной применимость уравнения Козени—Кармана с найденными коэффициентами для выражения сопротивления слоя древесины с меняющимися в процессе сушки параметрами.

С помощью найденных коэффициентов можно определить удельную поверхность, эквивалентный диаметр и удельное сопротивление слоя древесины повышенной влажности.

\* Ю. Д. Юдкевич, С. Я. Коротов, М. А. Хорьков. Расчет гидравлических параметров слоя в шахтных аппаратах. Журн. «Лесохимия и подсосочка» № 3, 1971.

УДК 634.0.813.13

## ЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА  
ПОЛИСУЛЬФИДНОЙ ВАРКИ ЛИСТВЕННИЦЫ

Л. Г. ХАУСТОВА, Г. М. ИОФФЕ, Р. З. ПЕН, И. И. СИДОРОВА

Сибирский технологический институт

В лабораторных и полужаводских условиях изучена полисульфидная варка древесины лиственницы. Найдены оптимальные условия варок. Увеличение выхода полисульфидной целлюлозы по сравнению с сульфатной одинаковой жесткости составило 3,5%—4,0% к абс. сухой древесине при расходе серы 3% к абс. сухой древесине и объясняется стабилизацией по отношению к действию щелочного раствора, прежде всего, целлюлозы и глюкоманнана.

В ряде работ [4], [5] показаны положительные стороны полисульфидного способа варки. Наше исследование предпринято для установления закономерностей и потенциальных возможностей одноступенчатой полисульфидной варки лиственницы, так как сообщений о варке лиственницы этим способом мы не встречали.

Излагаемые далее результаты получены после проведения двух серий варок, одна из которых была выполнена в лабораторных условиях, другая — на полужаводской установке опытного цеха целлюлозного завода Братского ЛПК. Для сравнения проводили сульфатные варки лиственницы.

Лабораторные варки осуществляли в батарейном глицириновом автоклаве при гидромодуле 4,0. Режимы варок были выбраны в соответствии с планом Хартли-5 (с полуреplikой) [2]. Объектом исследования служила щепка размером  $20 \times 15 \times 3$  мм из лиственницы *Larix dahurica*. Варочный раствор готовили путем растворения порошкообразной серы в белом щелоке при температуре 65—70°. Опыт дублировали с рандомизацией. Температуру от 70° до конечной поднимали в течение 150 мин. Переменными факторами процесса были следующие (в скобках указаны значения факторов в центре экспериментов  $X_{0i}$  и шагов варьирования  $\lambda_i$ ):  $X_1$  — расход дополнительно вводимой в варочный раствор серы ( $X_{01} = 3,0\%$  к абс. сухой древесине,  $\lambda_1 = 1,5\%$ );  $X_2$  — температура варки ( $X_{02} = 173^\circ$ ,  $\lambda_2 = 3^\circ$ );  $X_3$  — продолжительность варки на конечной температуре ( $X_{03} = 80$  мин,  $\lambda_3 = 20$  мин);  $X_4$  — расход эффективной щелочи ( $X_{04} = 15,5\%$  к древесине в единицах  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\lambda_4 = 1,0\%$ );  $X_5$  — степень сульфидности белого щелока ( $X_{05} = 24\%$ ,  $\lambda_5 = 4\%$ ).

После варок определяли выход твердого остатка и непровара, жесткость целлюлозы, ее механические свойства и углеводный состав. Углеводный состав исследовали путем полного гидролиза образцов с последующим разделением сахаров посредством нисходящей бумажной хроматографии [3].

Результаты экспериментов аппроксимировали полиномами второго порядка общего вида

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{1 < i < j < k} b_{ij} x_i x_j,$$

где  $k$  — число переменных факторов, включенных в исследование.

Коэффициенты регрессии, дисперсии  $s^2\{\bar{y}\}$ , дисперсионные отношения  $F_{ад}$  и табличные значения критерия Фишера  $F_{\alpha}$  приведены в табл. 1. Все модели адекватны соответствующим поверхностям отклика при 5%-ном уровне значимости.

Переменные в уравнении (1) масштабированы. Переход к натуральным значениям задается формулой

$$X_i = X_{oi} + \lambda_i x_i.$$

Для облегчения анализа результатов получены одномерные сечения поверхности отклика, представленные на рис. 1—5 в виде зависимостей параметров процесса от каждого из переменных факторов при значениях остальных факторов, фиксированных на «основном» уровне.

Сильное влияние на выход и качество целлюлозы в исследованной области варьирования оказывает изменение расхода серы. Увеличение этого фактора сопровождается повышением выхода твердого остатка и некоторых показателей механической прочности, причем при  $X_1 \leq 3\%$  не наблюдается заметного изменения жесткости целлюлозы и количества непровара (рис. 1, кривые  $y_1, y_2, y_3$ ), а дальнейшее увеличение расхода серы сопровождается значительным возрастанием жесткости и количества непровара. Повышение температуры варки, ее продолжительности и расхода эффективной щелочи заметно снижает жесткость целлюлозы, выход твердого остатка и количество непровара. Механические свойства целлюлозы при этом меняются незначительно. При увеличении степени сульфидности белого щелока от 20 до 28% заметно снижается жесткость целлюлозы и выход непровара, несколько повышается разрывная длина; изменение остальных параметров сравнительно невелико.

Изменение условий варки в некоторой степени влияет и на выход углеводных компонентов. Наиболее сильное влияние на углеводный состав целлюлозы оказывает изменение расхода серы (рис. 1, кривые  $y_8, y_9, y_{10}, y_{11}$ ).

При сравнении результатов полисульфидных варок при расходе серы 3% с результатами сульфатных варок той же древесины установлено, что увеличение выхода полисульфидной целлюлозы по сравнению с сульфатной такой же жесткости составляет 3,5—4,0% (к абс. сухой древесине). Разрывная длина, сопротивление продавливанию и сопротивление излому полисульфидной целлюлозы в среднем на 5—10% выше, а сопротивление раздиранию на 7—12% ниже, чем у соответствующей сульфатной целлюлозы. Выход глюкозанаов при полисульфидной варке на 3% (к древесине) выше, чем при сульфатной варке (ср. варки 27 и 28, табл. 1); несколько увеличивается также выход ксилановых и маннанных полисахаридов. Можно утверждать, что увеличение выхода целлюлозы при полисульфидной варке древесины лиственницы — следствие стабилизации по отношению к действию щелочи нескольких углеводных компонентов, прежде всего целлюлозы и глюкоманнана, а также, возможно, и ксилана.

Математическое моделирование процесса варки позволило решить ряд экстремальных задач, представляющих определенный практический интерес. Эти задачи квадратичного программирования были решены с помощью ЭЦВМ Минск-22. Условия задач и их решения приведены

Таблица 1

Показатели	Выход твердого остатка $U_1$ , % к абс. сухой древесине	Выход непроява $U_2$ , % к абс. сухой древесине	Жесткость целлюлозы $U_3$ , ед. капля	Разрывная длина $U_4$ , м	Сопротивление			Выход, % к абс. сухой древесине			
					проламинацию $U_5$ , кг/см <sup>2</sup>	разрыванию $U_6$ , Г	излому $U_7$ , число двойных перегибов	глюкозы $U_8$	маннозы $U_9$	арабинозы $U_{10}$	ксилозы $U_{11}$
$b_0$	44,947	1,884	30,232	6813,216	4,622	148,296	1292,104	32,965	3,634	0,460	2,430
$b_1$	2,278	5,221	4,635	191,833	0,123	-5,611	40,056	1,107	0,126	-0,013	0,095
$b_2$	-0,758	-1,004	-2,858	-85,222	-0,031	-0,444	-28,611	-1,137	0,008	0,022	-0,109
$b_3$	-1,281	-1,086	1,817	-14,667	0,044	3,556	33,000	-0,837	-0,077	-0,007	-0,081
$b_4$	-1,829	-2,691	-4,205	-17,667	0,007	3,722	11,056	0,547	-0,099	-0,049	-0,199
$b_5$	-0,233	-0,959	-1,433	88,167	0,050	-0,056	40,889	0,245	-0,161	-0,031	-0,187
$b_{11}$	0,055	3,712	4,042	48,750	-0,107	-1,466	-21,711	-0,581	0,263	0,111	0,026
$b_{22}$	0,930	2,172	-1,053	49,250	0,008	4,031	16,289	0,343	0,078	0,042	0,191
$b_{33}$	1,105	-0,233	-2,428	-186,750	-0,027	7,030	-27,211	1,357	-0,022	-0,032	0,076
$b_{44}$	-1,340	1,202	2,332	-79,750	0,013	1,531	-27,711	-1,039	-0,207	0,027	-0,009
$b_{55}$	0,460	1,672	0,407	-176,250	-0,052	-6,469	4,789	2,511	0,058	0,002	0,216
$b_{12}$	0,191	0,042	-1,085	24,625	-0,083	1,938	4,188	-2,515	0,019	0,097	0,004
$b_{13}$	0,375	1,046	1,571	-76,375	0,081	-0,063	-28,563	0,725	0,034	0,102	0,026
$b_{14}$	-0,286	-0,688	-2,136	227,500	0,144	2,938	-1,688	2,025	-0,053	0,007	-0,053
$b_{15}$	0,187	-1,438	0,345	49,250	0,039	-8,687	-17,313	1,095	0,044	-0,018	-0,079
$b_{23}$	-0,136	-0,723	-1,033	86,625	0,068	-1,313	5,188	-0,905	0,115	-0,043	0,087
$b_{24}$	0,032	1,013	1,573	-176,250	-0,130	4,438	52,563	-0,039	-0,034	-0,063	0,161
$b_{25}$	0,354	0,258	1,026	-103,750	0,010	0,313	-3,063	1,838	0,008	-0,066	0,057
$b_{34}$	0,251	1,394	-0,414	-62,500	-0,136	-1,563	69,313	-1,529	-0,034	-0,042	-0,068
$b_{35}$	-0,065	0,919	-0,610	95,250	0,064	-1,437	-6,813	0,882	0,195	-0,067	0,084
$b_{45}$	0,019	-0,759	0,315	19,875	0,009	-2,437	-29,438	0,902	0,111	0,068	0,222
$S^2(\bar{y})$	0,934	1,611	1,551	7032,110	0,007	21,148	7336,380	1,379	0,023	0,001	0,031
$F_{0,05}$	2,69	2,35	3,56	1,82	1,52	1,72	3,52	1,40	2,88	3,53	2,54
$F_{0,005}$	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84

№ п.п.	Целевая функция	Ограничения параметров	Решения			
			$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	$Y_1 \rightarrow \max$	$Y_3 \leq 28$	2,8	170	60	15,7
2	$Y_1 \rightarrow \max$	$Y_3 \leq 35$	3,3	170	60	15,4
3	$Y_4 \rightarrow \max$	$Y_3 \leq 28$	3,3	170	60	16,3
4	$Y_4 \rightarrow \max$	$Y_3 \leq 35$	4,2	170	72	16,3
5	$Y_2 \rightarrow \min$	$Y_1 \geq 50$	3,7	170	60	15,4
6	$Y_4 \rightarrow \max$	Без ограничений	4,2	170	72	16,3
7	$Y_5 \rightarrow \max$	Без ограничений	4,2	170	60	16,3

в табл. 2. Найденные оптимальные условия варок обеспечивают получение целлюлозы с вполне приемлемыми показателями.

Полузаводские варки осуществляли в котлах емкостью 7 м<sup>3</sup>, варочный раствор готовили путем растворения порошкообразной серы в белом щелоке, поступающем из цеха каустизации основного производства. Переменные факторы процесса:  $X_1$  — расход дополнительно вводимой серы ( $X_{01} = 3,0\%$ ,  $\lambda_1 = 1,0\%$ );  $X_2$  — продолжительность варки при конечной температуре ( $X_{02} = 100$  мин,  $\lambda_2 = 20$  мин);  $X_3$  — расход эффективной щелочи ( $X_{03} = 15,5\%$ ,  $\lambda_3 = 1,0\%$ ). Продолжительность подъема температуры до конечной — 150 мин, температура варки 173° и сульфидность белого щелока 35% оставались постоянными во всех варках. Условия варок и их результаты (средние для двух варок) приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п.п.	Условия варок			Результаты варок					
	расход серы $X_1$ , % к абс. сухой древесине	продолжительность варки $X_2$ , мин	расход эффективной щелочи $X_3$ , % к абс. сухой древесине	$Y_1$ , % к абс. сухой древесине	$Y_2$ , ед. kappa	$Y_3$ , кг	$Y_4$ , кг/см <sup>2</sup>	$Y_5$ , Г	$Y_6$ , число двойных перегибов
1	2	80	14,5	45,45	29,18	7759	4,65	130	1554
2	4	80	14,5	49,00	39,92	8172	5,52	128	1756
3	2	120	14,5	46,80	28,40	7246	5,14	145	1681
4	4	120	14,5	47,40	31,21	8199	5,02	136	1476
5	2	80	16,5	44,15	23,84	7949	4,91	140	1425
6	4	80	16,5	46,20	29,81	8156	5,29	128	1721
7	2	120	16,5	40,80	22,92	7702	4,94	142	1675
8	4	120	16,5	40,45	23,43	7642	4,69	144	1559
9	3	100	15,5	45,65	28,68	7964	5,23	134	1502
10*	—	100	15,5	40,60	24,76	7326	4,74	148	1425

\* Сульфатная варка.

Режимы варок выбирали в соответствии с линейным планом Бокса [1]. Полученные результаты аппроксимировали полиномами вида

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{1 < i < j = k} b_{ij} x_i x_j \quad (2)$$

Коэффициенты регрессии и основные статистические оценки приведены в табл. 4.

Данные, полученные в лабораторных условиях, полностью подтверждены результатами полузаводских варок. Обнаружены те же закономерности зависимости результатов от условий варок. Увеличе-



Таблица 2

задач							
$X_5$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_7$
27	48,11	3,21	27,89	6839	4,64	153	1292
20	50,38	10,72	34,21	6605	4,61	147	1259
25	46,56	2,21	27,95	7093	4,92	155	1192
26	46,16	7,02	33,52	7450	5,00	142	1277
24	50,01	9,04	34,32	6948	4,66	151	1315
26	46,16	7,02	33,52	7450	5,00	142	1277
25	47,50	6,41	31,89	7383	5,01	150	1215

ние выхода полисульфидной целлюлозы при расходе серы 3% составило в среднем 4% (к древесине). Механические показатели полисульфидной целлюлозы (за исключением сопротивления раздиранию) оказались несколько выше, чем у сульфатной целлюлозы аналогичной жесткости.

Таблица 4

Показатели	$Y_1$	$Y_2$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_8$	$Y_7$
$b_0$	45,031	28,589	7853,125	5,020	136,625	1605,875
$b_1$	0,731	2,504	189,125	0,110	-2,625	47,125
$b_2$	-1,169	-2,099	-155,875	-0,073	3,500	16,875
$b_4$	-2,131	-3,589	9,125	-0,063	1,875	14,125
$b_{13}$	-0,669	-1,674	34,125	-0,203	0,875	-102,375
$b_{14}$	-0,306	-0,884	-152,375	-0,078	-0,125	22,875
$b_{15}$	-1,106	0,274	-34,375	-0,070	-0,625	30,125
$s^2(\bar{y})$	2,468	1,803	35586,500	0,034	7,625	3308,628
$F_{ад}$	1,43	4,16	2,01	2,02	6,71	1,13
$F_{0,05}$	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12

Результаты проделанной работы показывают, что полисульфидным способом из древесины лиственницы можно вырабатывать целлюлозу с показателями выхода и механической прочности более высокими, чем при обычной сульфатной варке.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. В. Налымов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Изд-во «Наука», 1955. [2]. Новые идеи в планировании эксперимента. Сборник под ред. В. В. Налымова. Изд-во «Наука», 1969. [3]. В. И. Шарков, Н. Н. Кубина, Ю. Н. Соловьева. Количественный химический анализ растительного сырья. Изд-во «Лесная промышленность», 1963. [4]. R. Aurell, N. Hartler. Svensk. Papp., 4, 113, 1967. [5]. J. Olson, O. Samuelsson. Svensk. Papp., 20, 703, 1966.

Поступила 13 марта 1972 г.

УДК 547.92

## ПОЛУЧЕНИЕ ОЧИЩЕННОГО ФИТОСТЕРИНА (Производственные опыты)

С. И. ШЛАДУРОВА, В. Б. НЕКРАСОВА, Э. И. ЛАРИНА, А. Л. АГРАНАТ  
Л. А. АЛЕКСАНДРОВ, Э. И. ЕВСТИГНЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Даны результаты производственных опытов получения очищенного фитостерина. Отработана технология очистки фитостерина-сырца в одном аппарате, что позволило достичь выхода очищенного фитостерина до 64% от стеринов фитостерина-сырца. Показана возможность дополнительного извлечения стеринов из продукта, полученного после сушки промывных жидкостей.

Новая отрасль лесозексплуатации — лесобιοхимическое направление по использованию живых элементов дерева — выдвигает особые требования при разработке технологии и аппаратуры для получения биоактивных продуктов.

Основные принципы разработки вариантов технологии производства биоактивных продуктов из живых элементов дерева были предложены Ф. Т. Солодким. Важнейшие из этих принципов: максимальная простота, компактность, возможность переработки сырья в мягких условиях и работы аппаратуры с максимумом нагрузки.

Учитывая изложенное, при производственном оформлении процесса очистки фитостерина-сырца на опытно-производственной базе в Лисино было решено весь процесс провести в одном реакторе, специально оборудованном для этих целей. Лабораторные исследования показали возможность проведения в одном аппарате (рис. 1) всех технологических операций от загрузки сырца до выгрузки очищенного фитостерина. Аппарат 1 представляет собой реактор для растворения фитостерина-сырца в бензине при нагревании, промывки бензинового раствора фитостерина с целью удаления мыла и других примесей, отгонки растворителя от продукта и для его сушки в токе теплого воздуха. Аппарат снабжен змеевиком глухого пара для разогрева растворителя, барботером 3 для перемешивания раствора азотом, змеевиком острого пара для отгонки растворителя и четырьмя штуцерами (для подачи растворителя, слива продукта, удале-

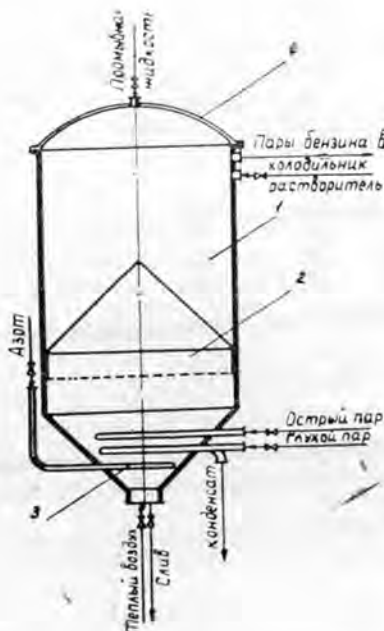


Рис. 1. Аппарат для очистки фитостерина-сырца.

ния паров растворителя и подачи промывной жидкости в реактор). Крышка 4 аппарата съемная и снабжена штуцером для подачи в реактор промывной жидкости. Внутри аппарата помещена сетка 2 из капрона или другого инертного фильтрующего материала для удержания продукта.

Производственную очистку фитостерина-сырца проводили следующим образом. Воздушно сухой фитостерин-сырец, содержащий 18—40% твердых мыл, загружали на дно реактора. Над сырьем ставили сетку, которую при необходимости можно вынимать из реактора и ставить обратно. В реактор закачивали расчетное количество бензина марки БР-2; соотношение фитостерин-сырец — бензин 1:20. Фитостерин растворяли в бензине при температуре 75—80°C в течение 2,5—3,0 час при периодическом перемешивании азотом, подаваемым через барботер в течение всего цикла растворения (через каждые полчаса в течение 5 мин). Общая продолжительность перемешивания азотом при растворении — 25 мин с общим расходом азота 1200 л. Раствор нагревали через змеевик глухого пара. Горячий бензиновый раствор фитостерина промывали три раза 40%-ным этиловым спиртом и два раза водой при 60—65°C (соотношение бензиновый раствор — промывные жидкости 9:1). Промывные жидкости подавали через верхний штуцер. Раствор перемешивали азотом в течение 3 мин (2—3 раза с промежутком в полчаса) с последующим отстаиванием в течение 2 час для осаждения примесей в нижней части реактора и последующим сливом промывных жидкостей через нижний штуцер. Продолжительность каждой промывки 2,5—3 часа. Общая продолжительность перемешивания азотом при каждой промывке 10 мин, расход азота 200—300 л. Раствор во время промывок нагревали через змеевик глухого пара.

Отмытый от примесей бензиновый раствор фитостерина поднимался горячей водой, подаваемой через штуцер в крышке аппарата, над сеткой и нагревался глухим паром для отгонки растворителя (с небольшой присадкой острого пара). Пары растворителя конденсировались и охлаждались в конденсаторе-холодильнике и поступали в приемник. Регенерированный растворитель возвращался в производство. После окончания отгонки растворителя и охлаждения реактора до температуры 15—18°C вода сливалась через нижний штуцер, а фитостерин оставался на сетке.

Фитостерин сушили теплым воздухом при подаче его через нижний штуцер; температура воздуха 40—50°. Высушенный очищенный фитостерин вынимали из реактора вместе с сеткой.

Таблица 1

№ опыта	Количество фитостерина, кг	Содержание, % от фитостерина			Количество бета-ситостерина, %	Т <sub>пл.</sub> , °C
		летучих	твердых мыл	фитостерина		
1	42,5	8,3	38,40	53,3	—	128—132
	15,0	3,5	1,8	98,2	91,8	
2	60,0	2,0	12,0	86,0	—	128—133
	34,8	4,1	0,5	99,5	92,5	
3	60,0	5,5	49,5	45,0	—	133—135
	11,3	1,9	0,1	99,9	98,6	

Примечание. В числителе данные для фитостерина-сырца; в знаменателе — для очищенного фитостерина. Содержание бета-ситостерина определяли бромид-броматным методом; фитостерина — по разности.

Исходным сырьем для получения очищенного фитостерина служил фитостерин-сырец Кехраского ЦБК, полученный в 1965—1966 гг. Характеристика начального и конечного продуктов приведена в табл. 1.

Всего было переработано 162,5 кг фитостерина-сырца и получено 60,1 кг очищенного фитостерина.

Характеристика бензиновых растворов фитостерина по стадиям технологического процесса представлена в табл. 2, а спирто-водных промывных жидкостей — в табл. 3. Из приведенных данных видно, что две первые спиртовые промывки почти полностью отмывают твердые мыла от бензинового раствора. В промывных жидкостях, полученных после первой спиртовой промывки бензинового раствора фитостерина-сырца, обнаружено около 40% фитостерина. Поэтому возникла необходимость повторной переработки продукта, полученного после сушки промывных жидкостей, с целью дополнительного извлечения стеринов.

Таблица 2

№ пробы	Стадия технологического процесса	Количество сухого вещества в растворе, г/л	Содержание твердых мыл в сухом веществе, %	Цвет раствора
1	Через 3 часа после начала растворения	31,5	Не определялось	Светло-коричневый мутный
2	Через 5 час после начала растворения	36,2	"	Темно-коричневый
3	Через 6 час после начала растворения	38,8	25,1	"
4	После 1-й спиртовой промывки	20,8	1,6	Желтый мутноватый
5	После 2-й спиртовой промывки	19,0	1,1	Желтый
6	После 3-й спиртовой промывки	19,5	0,32	"
7	После 1-й водной промывки	20,0	0,5	"
8	После 2-й водной промывки	20,0	0,0	"

Примечание. Повышение концентрации сухого вещества в бензиновом растворе после промывок объясняется частичным испарением бензина.

Таблица 3

№ пробы	Промывная жидкость	Количество жидкости, л		Количество сухого вещества в растворе, г/л	Состав сухого вещества в промывных жидкостях, %		Цвет промывной жидкости
		залитой	слитой		твердые мыла	фитостерин (по разности)	
1	1-я спиртовая промывка	100	130	152,2	63,9	36,1	Темно-коричневый
2	2-я спиртовая промывка	80	80	14,5	60,9	39,1	Коричневый
3	3-я спиртовая промывка	80	80	2,3	61,7	38,3	Светло-коричневый
4	1-я водная промывка	80	80	0,5	0,0	100,0	Буроватый
5	2-я водная промывка	80	80	0,5	0,0	100,0	Желтоватый

Лабораторные опыты по извлечению стеринов из промывных жидкостей были поставлены на модельной установке. При этом без пред-

варительной сушки промывных жидкостей выход очищенного фитостерина составил 10—15% от стеринов сухого продукта, взятого на очистку, или 6—7% от сухого вещества. Так как выход очищенного фитостерина получается небольшой, то экономически нецелесообразно использовать промывные жидкости для извлечения из них стеринов.

При извлечении стеринов из продукта, полученного сушкой промывных жидкостей, выход стеринов увеличивается до 30% от исходного содержания стеринов в продукте, извлеченном из промывных жидкостей. В опыте 3 в качестве исходного сырья было использовано сухое вещество из промывных жидкостей. Технология очистки данного продукта ничем не отличалась от вышеописанной.

Выход очищенного фитостерина из продукта, полученного после сушки промывных жидкостей, составил 18,9% от веса исходной загрузки, или 33,3% от исходного количества стеринов, что полностью соответствует предварительным лабораторным данным.

В результате проведенных опытов полностью отработана технология по очистке фитостерина-сырца в одном аппарате, достигнут выход очищенного фитостерина до 64% от стеринов фитостерина-сырца, показана возможность дополнительного извлечения стеринов из продукта, полученного после сушки первой промывной жидкости; при этом дополнительно можно получить до 30% стеринов от их содержания в исходном продукте (промывных жидкостях).

Поступила 22 марта 1972 г.

УДК 674.87 : 547.979.7

## К ВОПРОСУ О ПОЛУЧЕНИИ ПАСТООБРАЗНОГО ХЛОРОФИЛЛИНА НАТРИЯ

*Н. К. ЧЕРНЫШЕВА, Ф. А. МЕДНИКОВ*

Ленинградская лесотехническая академия

Даны результаты опытов по получению хлорофиллина натрия в виде пасты в производственных условиях. Исходный раствор препарата хлорофиллина натрия (спирто-водного раствора) упаривали при 85—100°C. Показана сохранность хлорофилла в процессе упаривания. Полученный продукт представляет собой густую однородную массу с влажностью 65—68% и содержанием хлорофилла к сухому веществу 25—30%. Пастообразный продукт транспортабелен и удобен в хранении.

Препарат хлорофиллина натрия — биологический агент, обладающий бактерицидными и дезодорирующими качествами. Его применяют в медицине при лечении желудочно-кишечных и кожных заболеваний и детской лейкопении, а также в косметической промышленности как биоактивную добавку в кремы, лосьоны, зубные пасты [1].

В настоящее время препарат хлорофиллина натрия из хвои выпускают в спирто-водном или водном растворах. Исходная концентрация хлорофилла в спирто-водном растворе около 15 мг/мл, а в водном — 5 мг/мл. Количество сухого вещества в растворе соответственно 5—6 и 1—2%. Такие растворы очень неудобны в употреблении, транспортировке и хранении, поэтому встал вопрос о получении препарата хлорофиллина натрия с пониженным содержанием влажности.

Препарат хлорофиллина натрия в виде пасты получали путем упаривания производственных партий спирто-водного раствора этого препарата на перегонной установке, включающей перегонный куб, холо-

дильник и градуированный приемник (химцех Лисинского учебно-опытного лесхоза). Раствор хлорофиллина (не более 11 л во избежание перебросов в случае вспенивания раствора) загружали в аппарат ( $V = 100$  л), который постепенно нагревали глухим паром ( $p = 1,5 - 2$  атм) до температуры  $\sim 80^\circ\text{C}$ . После окончания отгонки спирта температура в аппарате повышалась до  $95 - 100^\circ\text{C}$  (перепрева не допускали).

Исходный раствор спирто-водного хлорофиллина натрия и упаренный продукт анализировали на содержание сухого вещества и хлорофилла по общепринятым методикам [2]. Мы использовали производственные партии спирто-водных растворов хлорофиллина натрия, содержащие 7,2—10,5% сухого вещества. Концентрация хлорофилла в таких растворах колебалась от 21 до 30 г/л (при товарной концентрации хлорофилла 15 г/л).

Исходный объем раствора упаривали в 1,5—2 раза и более; контроль производили по объему конденсата в приемнике, а также путем отбора и анализа проб из аппарата через каждый литр конденсата.

Результаты опытов по упариванию спирто-водных растворов хлорофиллина натрия представлены в табл. 1. Потери хлорофилла происходят из-за неполноты слива сгущенного (упаренного) продукта из аппарата. Как показали опыты, истинные потери хлорофилла вследствие упаривания не превышают 2,6%. Остальное количество хлорофилла смывается из аппарата водой после каждого опыта или растворяется в следующей партии загруженного в аппарат раствора хлорофиллина.

Таблица 1

№ опыта	Раствор до упаривания			Упаренный продукт			Потери хлорофилла, % к исходному количеству
	объем, л	содержание		вес, г	содержание		
		сухого вещества, %	хлорофилла, г/л		сухого вещества, %	хлорофилла, %	
1	8,5	7,5	22,1	5000	12,0	3,7	2,5
2	8,1	7,8	21,5	4200	14,9	3,9	7,4
3	8,2	7,6	22,2	2100	29,3	8,4	3,2
4	9,0	8,5	22,0	1700	42,0	10,5	9,6
5	8,7	10,6	30,0	1850	48,0	13,1	7,3
6	10,5	7,5	13,4	1900	37,0	6,7	10,4
7	6,0	11,7	30,6	1700	38,2	10,7	5,9
8	11,0	8,0	23,0	2600	32,0	9,3	4,4
9	10,0	7,5	22,0	2000	35,0	10,2	7,5

Данные баланса по хлорофиллу в процессе упаривания раствора хлорофиллина натрия представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ опыта	Содержание хлорофилла до упаривания, г	Количество хлорофилла после упаривания				Потери хлорофилла, % к исходному количеству
		в продукте		в промывных водах аппарата		
		г	%	г	%	
1	188,0	183,5	97,5	3,8	2,0	0,5
2	174,0	161,2	92,6	8,4	4,8	2,6
3	182,0	176,2	96,8	4,0	2,2	1,0
4	198,0	179,0	90,4	17,0	8,6	1,0
5	261,0	242,0	92,7	15,9	6,1	1,2

Примечание. Количество хлорофилла до упаривания принимаем за 100%.

На обычной перегонной установке можно упарить растворы препарата хлорофиллина натрия до различной концентрации по сухому веществу. Однако упаренные продукты, влажность которых превышала 70%, имели неоднородный состав. При стоянии из них выпадал черный осадок (опыты 1—3, табл. 1), причем хлорофилл содержался как в осадке, так и в растворе.

Упаренные продукты с влажностью 68—52% (опыты 4—9, табл. 1) имели однородную пастообразную консистенцию и при температуре 40—50°C становились легко подвижными. Однако из образцов 8 и 9 уже через 4 месяца выпал осадок. При хранении образцов 4—7 (табл. 1) даже в течение 1 года осадка не выпадало. Влажность образцов снижалась незначительно, а содержание хлорофилла (к сухому веществу пасты) практически оставалось неизменным (25—30%). Растворы хлорофиллина натрия, упаренные до влажности ниже 50%, плохо выгружались из аппарата, прилипали к стенкам, медленно растворялись в воде.

На основании анализа полученных пастообразных образцов хлорофиллина натрия была выбрана их оптимальная влажность 55—60%. Выяснено, что в процессе упаривания спирто-водных растворов хлорофиллина натрия при температуре до 100°C хлорофилл остается неизменным; потери не превышают 2,5%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Использование живых элементов дерева. Вып. 1. Научные труды ЛТА, № 119, Л., 1969. [2] Н. К. Чернышева, Л. А. Александров, С. Д. Штейнбок, Ф. А. Медников. Получение сухого препарата хлорофиллина натрия. Использование живых элементов дерева. Вып. 2, Изд-во «Знание» АН Латвийской ССР, 1972.

---

Поступила 17 ноября 1971 г.







Данные исследования для четырех наиболее характерных скоростей приведены в табл. 1.

При увеличении скорости движения приводных цепей выше 0,14 м/сек ухудшается разбор пакета заготовок. Так, при скорости 0,18 м/сек (40 об приводного вала в 1 мин) наблюдается увеличение «кострения», разбор пакета становится хаотичным, закономерностей разбора нет. Уменьшение скорости движения приводных цепей ниже 0,0558 м/сек (12 об приводного вала в 1 мин) вызывает возрастание продолжительности разбора пакета. Производительность разборщика снижается. При данных условиях для эффективного разбора пакета по длине разборщика в один ряд наиболее удовлетворительны величины скорости движения приводных цепей 0,0558—0,14 м/сек.

### Техническая характеристика разборщика

1. Электродвигатель переменного тока. Мощность  $N = 1,1$  квт. Количество оборотов 1415 в 1 мин.

2. Универсальный регулятор скорости (УРС-2,5), состоящий из блока гидронасоса и блока гидромотора. Номинальная мощность  $N = 2,5$  л. с. Диапазон регулирования скоростей 0—500 об/мин. Наименьшее передаточное число 1:500. Коэффициент полезного действия 0,7 (при номинальных величинах).

3. Втулочно-роликотые цепи. Шаг  $t = 12,7$  мм (четыре цепи, длина каждой 2600 мм). Шаг соединительных валиков  $t_1 = 140$  мм.

4. Длина рабочего сегмента 70 мм.

5. Ремень клиновой приводной Б-1400.

6. Шкивы клиноременной передачи:  $D_1 = 100$  мм;  $D_2 = 300$  мм.

7. Колеса цилиндрические:  $m = 2$ ;  $Z_1 = 75$ ;  $Z_2 = 30$ ;  $i = 0,4$ .

8. Червячная передача: червяк трехзаходный; червячное колесо  $Z = 75$ ,  $D_{н.о} = 150$  мм.

9. Звездочки приводные и натяжные 8 шт. Число зубьев 22;  $D_{н.о} = 81$  мм.

10. Гребенчатая опора:  $\alpha = 65^\circ$ ;  $\beta = 20^\circ$ . Длина одной гребенки 70 мм.

11. Скорости движения приводных цепей 0—0,18 м/сек.

12. Количество оборотов приводного вала 0—45 в 1 мин.

13. Количество подъемов—опусканий рабочего сегмента: 0—32 в 1 мин.

14. Продолжительность одного подъема—опускания рабочего сегмента: 0—37 сек.

Для экспериментов использовали изогнутые заготовки различных размеров, из которых были составлены пакеты (19 и 42 шт.). Данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Материал заготовки	Диаметр, мм	Длина, мм	Стрела прогиба, мм	Количество заготовок в пакете	Вес одной заготовки, кг	Общий вес, кг	Процентное содержание заготовки в пакете
Бук	32	860	60	5	0,51	2,55	26,32
"	28	840	58	8	0,48	3,84	42,10
"	30	850	64	6	0,49	2,94	31,57
"	32	860	60	20	0,51	10,20	47,63
"	28	840	58	16	0,48	7,68	38,09
"	30	850	64	6	0,49	2,94	14,28

## Шиберное бункерно-загрузочное устройство

С направляющих 20 (рис. 2) разборника заготовка попадает на приемные гнезда шибера для вторичного ориентирования и направления в цилиндрические приемные ролики шлифовальной линии.

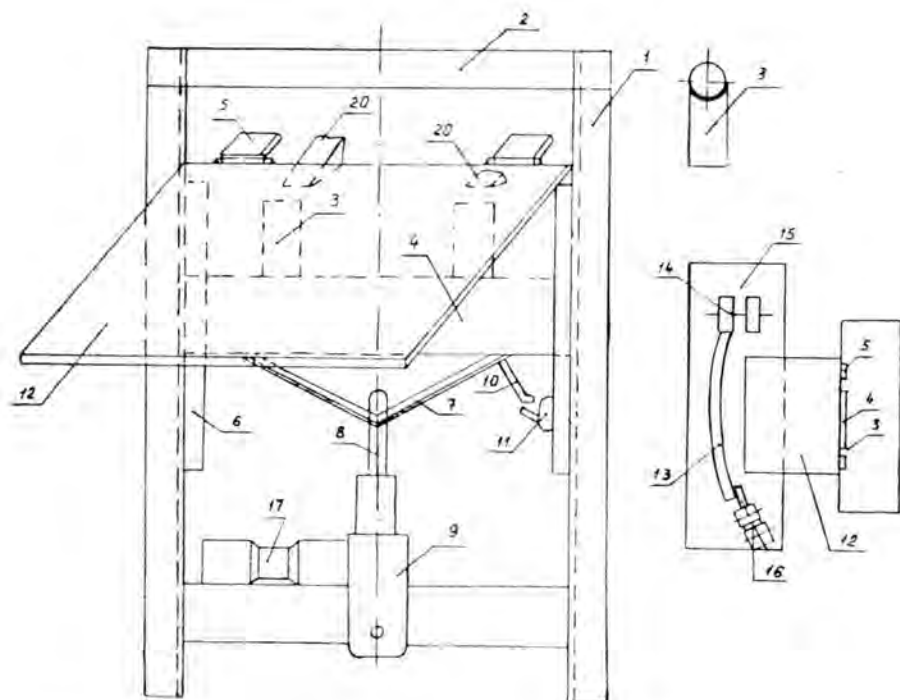


Рис. 2. Схема шиберного бункерно-загрузочного устройства и направления детали в загрузочную зону шлифовальной линии.

Шиберное БЗУ состоит из рамы, представляющей собой уголковую сварную конструкцию 1. К раме крепятся направляющие 6, в которых движется вверх и вниз шибер 4 с приемными гнездами 3. Шибер связан двумя поводками 7 со штоком 8 пневматического цилиндра 9. Второй цилиндр 16 установлен на столе с приемными роликами шлифовальной линии.

Управление работой обоих воздушных цилиндров осуществляется с помощью золотниковое воздухораспределительного устройства 17, имеющего два электромагнита, включаемых попеременно при помощи тумблера 11. Переключение тумблера производит изогнутый рычаг 10, жестко связанный с днищем шибера. При включении первого электромагнита воздух поступает в нижнюю часть цилиндра и перемещает поршень со штоком 8 и связанный с ним шибер вверх. Рычаг 10, перемещаясь, нажимает на переключатель, дающий команду на включение второго электромагнита и переброску золотника коробки в другую сторону. Воздух поступает в верхнюю часть цилиндра и перемещает поршень со штоком, а следовательно, и шибер с рычагом вниз. Затем цикл повторяется. Цилиндры 9 и 16 заблокированы между собой так, что при выходе штока в одном цилиндре во втором происходит его втягивание.

К раме крепится наклонная плоскость 12, составляющая с горизонтом угол  $45^\circ$ . К наклонной плоскости крепятся на шарнирах и пружинах направляющие планки 5. Наклонная плоскость опирается своей второй стороной на стол 15 линии, на котором перед роликами 14 установлен направляющий угольник 13, согнутый по радиусу заготовки. Воздушный цилиндр 16, установленный со второй стороны угольника, имеет толкатель, соединенный со штоком шарнирно. Заготовка с направляющих разборщика 20 попадает в приемные гнезда шибера в его нижнем положении. При подъеме шибера в крайнее верхнее положение заготовка своими концами отклоняет направляющие планки 5, которые, пропустив шибера с заготовкой вверх, с помощью оттяжных пружин возвращаются в горизонтальное положение. Пропустив шибера вниз, они задерживают оба конца заготовки. Опершись о горизонтальные планки, заготовка поворачивается своей выпуклой стороной на двух точках опоры к наклонной плоскости 12 (повороту в противоположном направлении препятствует планка 2 рамы). Перевернувшись, заготовка скользит вниз по наклонной плоскости в направляющий угольник, откуда при помощи толкателя цилиндра 16 направляется по угольнику в цилиндрические захватывающие ролики 14 шлифовальной линии.

Заготовка выдвигается разборщиком в то время, когда шибера находится в своем нижнем положении. При подъеме шибера вверх на ориентирующие планки 5 (рис. 2) поступает одна заготовка.

Производительность устройства — 450 заготовок в 1 час, что соответствует установленному ритму шлифовальной линии по скорости подачи — 8,4 сек. Производительность можно значительно повысить, если увеличить число двойных ходов шибера. Настоящее устройство следует рекомендовать для механизации загрузки цилиндрических криволинейных деталей при станочных работах.

Поступила 16 ноября 1971 г.

УДК 634.0.848

## К ВОПРОСУ АНАЛИЗА НИЖНЕГО СКЛАДА КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ю. В. ЛЕБЕДЕВ

СвердНИИЛП

Рассматривается вопрос формализованного представления нижнего склада леспромпхоза в виде математической схемы системы массового обслуживания. Выявлены виды потоков требований, дисциплины очередей требований и линий. Обоснована необходимость решения данной системы — нижнего склада методом математического моделирования на ЭЦВМ. Поставлены вопросы, решаемые для данной системы методом оптимизации.

Одна из проблем современной науки и техники — разработка и внедрение в практику методов исследования динамики функционирования сложных систем. В лесной промышленности такими системами являются нижние склады леспромпхозов. При проектировании и эксплуатации складов возникают многочисленные задачи, требующие знания количественных и качественных закономерностей, свойственных данным системам. Эти задачи решаются различными методами исследования операций [8]. Под операциями мы понимаем различные производственные процессы.

Рассмотрим нижний склад леспромхоза как сложную систему, состоящую из следующих производственных процессов: поступление транспортных единиц с хлыстами на нижний склад, разгрузка их, разделка хлыстов, сортировка древесины, штабелевка и погрузка ее в вагоны.

Для формального описания производственных процессов разработаны специальные математические схемы. Для сложных систем, состоящих из процессов дискретного и непрерывного характера и автоматизированного управления, наиболее подходит абстрактная схема, называемая агрегативной системой [1]. Чтобы исследовать обобщенные системы (их структуру, установление связи эффективности системы с эффективностью отдельных ее элементов и т. д.), И. Н. Коваленко предложил использовать некоторый класс задач теории марковских процессов [5].

Большинство производственных процессов нижнего склада носит дискретный характер и представляет собой отдельные фазы общего технологического потока. Процессы характеризуются поступлением требований: автомобилей, сцепов, хлыстов, сортиментов, пакетов — и наличием обслуживающих линий: кранов, раскрывочных линий, сортировочных транспортеров, накопителей, штабелей, вагонов. Подобный класс сложных систем формализуется в виде систем массового обслуживания [3], [7]. Потоки требований на нижнем складе могут быть как однородными, так и неоднородными. Например, хлысты целесообразно описывать как поток случайных векторов, для которых моменты времени поступления на раскрывку являются потоком однородных событий с ограниченным последствием, а параметры хлыста представляют собой группы независимых (порода, диаметр хлыста, наличие дефектов) и зависимых (диаметр и длина хлыста, диаметр и длина центральной напенной гнили) случайных величин.

Рассмотрим ситуации на нижнем складе, для которых характерна очередь требований в соответствии со следующими основными правилами: а) линию занимает требование, поступившее в систему раньше других (так могут обслуживаться автомобили на разгрузке и группы вагонов на погрузке); б) линию занимает требование, для которого оставшееся время пребывания в системе наименьшее; в) требования принимаются к обслуживанию в случайном порядке в соответствии с вероятностью, задаваемой заранее или вычисляемой в процессе исследования нижнего склада. В этом случае требования из очереди выбирают по жребию. Так обычно подаются деревья на обрезку сучьев и хлысты на разделку, выбирается пустой накопитель среди нескольких имеющихся, выбирается накопитель для освобождения в группе среди полных; г) обслуживание заявок с преимуществом, то есть выбор в соответствии с заданным коэффициентом преимущества. Например, узкоколейные сцепы с сырьем для шпальника или пиловочника подаются на фронт разгрузки в первую очередь по сравнению со сцепами с лиственной или дровяной древесиной; накопители с более распространенными сортиментами освобождаются в первую очередь по сравнению с менее распространенными; в первую очередь грузятся вагоны МПС, затем арендованные и собственные, а сам процесс погрузки начинается с первого вагона на выходе с фронта погрузки.

На нижнем складе могут возникнуть и очереди линий. Например, линии занимают в порядке освобождения — автомобиль с древесиной разгружается у раскрывочной линии, дольше других находящейся в простое из-за отсутствия сырья. Другой вид дисциплины очереди линий — линия выбирается в соответствии с заданным коэффициентом преимущества. Например, автомобиль разгружается в раскрывочной линии (сучкорезной машины), работающей наиболее надежно или с наибольшей производительностью; автомобиль может разгружаться кра-

ном, имеющим наибольшую грузоподъемность. Далее линию можно выбирать с учетом равномерной загрузки всех имеющихся. Например, автомобили разгружаются в таком порядке, чтобы на каждой раскряжевочной эстакаде было 2—3 пакета хлыстов. В общем случае нижний склад лесопромышленного предприятия представляет собой сложную систему, состоящую из относительно локальных производственных процессов (поступление древесины, разгрузка ее, раскряжевка хлыстов, сортировка бревен, штабелевка и погрузка лесопромышленной продукции), на которую одновременно влияют случайные факторы (характер поступления сырья, объем пакета и его параметры, продолжительность некоторых производственных операций, характеристики надежности оборудования) и факторы направленного действия (ограничения по техническим характеристикам механизмов, сортиментному плану, технологическим схемам).

Для исследования производственного процесса существует несколько способов использования математической модели, один из которых — аналитический. Но при изучении больших систем, какими являются нижние склады, возможности аналитических расчетов крайне ограничены. В этом случае целесообразнее проводить эксперимент с запрограммированной на вычислительной машине структурой исследуемого нижнего склада, или, иными словами, — моделировать производственные процессы на ЭЦВМ [2]. Сущность метода сводится к синтезу моделирующего алгоритма, имитирующего поведение и взаимодействие всех элементов системы с учетом случайных факторов. Процесс имитируется на ЭЦВМ в той последовательности элементарных актов, которая характерна для исследуемого нижнего склада.

При построении математической модели выявляются законы распределения случайных величин, моделирующих качественную и количественную стороны изучаемых производственных процессов на нижних складах [4], [6], [7]. Для фазы поступления древесины на нижний склад случайными величинами являются интервалы времени между последовательными поступлениями автомобилей или узкоколейных поездов на склад, число сцепов в поездах, число сцепов в одном поступлении на каждый фронт разгрузки, число хлыстов на одном автомобиле или сцепе, продолжительность разгрузки одной транспортной единицы. Для фазы разделки случайные величины: длительность подачи хлыстов на разделку, порода хлыста, его диаметр, наличие дефектов и сортообразующих признаков, длительность одного реза; для фазы сортировки: интервалы времени между последовательными поступлениями сортиментов на транспортер; для фазы штабелевки и погрузки: интервалы времени между последовательными наполнениями накопителей, объемы древесины в накопителях, объемы пачек, берущихся краном из штабеля при погрузке, количество вагонов, поступающих под погрузку в одну подачу, моменты времени подачи вагонов.

На основе статистических распределений методом оптимизации решаются две большие группы задач.

1. Выбор оптимальных методов использования машин и механизмов на нижнем складе при заданных технических параметрах: определение количества погрузочно-разгрузочных механизмов и разделочных линий в зависимости от выполняемых ими операций и технологической схемы нижнего склада; оптимальное размещение оборудования в технологических потоках; определение оптимальной продолжительности работы (сменности) кранов из условия, что с возрастанием числа кранов повышается их недоиспользование, но снижается продолжительность простоев вагонов под погрузкой, быстрее производится штабелевка (это позволяет уменьшать длину сортировочных транспортеров, более компактно размещать оборудо-

вание на складе); определение оптимальной емкости нижнего склада, вместимости погрузочных факторов, величины запаса хлыстов.

2. Выбор оптимальных технических характеристик машин и механизмов. Критериями оптимальности могут быть затраты энергии или расход топлива (при определении рабочих скоростей крана или автопогрузчика), продолжительность операций или величина рабочего перемещения (при определении длины пролета и высоты крана), эксплуатационные расходы и т. д. Задачи этой группы сложнее, чем первой, так как с изменением характеристик оборудования могут меняться и оптимальные методы его использования.

При исследовании работы нижнего склада леспромхоза как системы массового обслуживания метод математического моделирования обладает существенными преимуществами перед другими методами: возможность решения задач исключительной сложности, экспериментальное изучение оригинала системы — нижнего склада, аналитическое исследование математической модели, моделирование на аналоговых машинах и т. д. Исследуемая система может содержать одновременно элементы непрерывного и дискретного действия, быть подвержена влиянию многочисленных случайных факторов сложной природы, описываться весьма громоздкими соотношениями.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Бусленко. К теории сложных систем. Известия АН СССР, «Техническая кибернетика» № 5, 1963. [2]. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», 1968. [3]. Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. Введение в теорию массового обслуживания. Изд-во «Наука», 1968. [4]. Д. Л. Дудюк. Повышение эффективности использования штабелеводно-погрузочных кранов на лесных складах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1969. [5]. И. Н. Коваленко. О некоторых классах сложных систем. Известия АН СССР, «Техническая кибернетика» № 6, 1964. [6]. А. Редькин. Ритмичность нижнескладского производства. Журн. «Лесная промышленность» № 8, 1970. [7]. М. С. Фишгоп. Введение в теорию массового обслуживания. НТО лесной промышленности. Общественный заочный институт, лекция № 4, изд-во «Лесная промышленность», 1971. [8]. Ю. В. Чуев, Г. П. Слекова. Технические задачи исследования операций. Изд-во «Советское радио», 1971.

Поступила 25 февраля 1972 г.

УДК 634.0.307

## К РАСЧЕТУ НАКОПИТЕЛЕЙ И ТОРЦЕВЫРАВНИВАТЕЛЕЙ БРЕВЕН

В. М. ФИЛАШОВ

КарНИИЛП

Рассматривается упрощенный расчетный способ определения действующих со стороны сортиментов пакета круглых лесоматериалов сил бокового давления и сил продольного сопротивления при выравнивании торцов. Приведенные расчетные соотношения и формулы позволяют с достаточной для практики точностью оценивать действующие со стороны сортиментов силы бокового давления и силы торцевания.

С целью повышения производительности труда на нижних складах широко применяется пакетный метод обращения. Для формирования пакетов используют накопители и торцевыравнивающие устройства; при их проектировании необходимо знать действующие со стороны сортиментов нагрузки.

В работах В. И. Игнатова [4], [5] детально исследованы механические явления и напряженное состояние в штабеле. На основании этих

исследований можно устанавливать границы применимости упрощенных расчетов.

Ниже приводится упрощенный способ определения действующих со стороны сортиментов сил сопротивления при выравнивании торцов и сил бокового давления на стойки накопителей. Пакет сортиментов, размещенных в накопителе, рассматриваем как массив несвязных тел.

В плоскости поперечного сечения пакета на уровне  $z$  от нижнего основания выделим элементарный участок размерами  $\Delta x \Delta z$  (рис. 1).

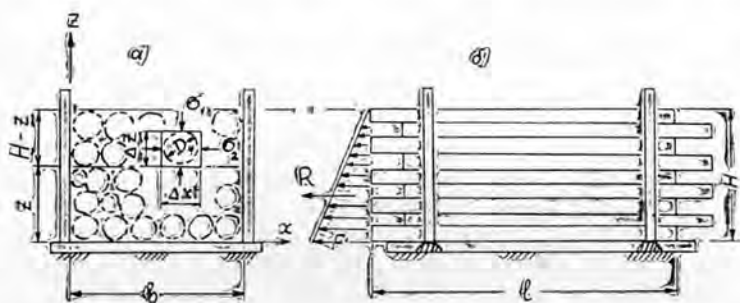


Рис. 1. Схема пакета сортиментов круглых лесоматериалов в накопителе и закон распределения сил торцевания по высоте пакета.

По аналогии с теорией напряженного состояния сыпучих сред [3] запишем соотношения:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \varepsilon \gamma (H - z); \\ \sigma_2 &= \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\sigma_1$  — вертикальное напряжение на гранях;  
 $\sigma_2$  — боковое напряжение на гранях;  
 $\gamma$  — удельный объемный вес среды;  
 $\varepsilon$  — коэффициент полндревесности;  
 $H$  — высота пакета;  
 $\varphi$  — угол внутреннего трения массива.

Очевидно, аналогия массива сортиментов с сыпучей средой тем полнее, чем меньше отношение  $\frac{D}{H}$  ( $D$  — диаметр сортимента). Продольному перемещению бревен препятствуют силы сопротивления

$$F = \mu N, \quad (2)$$

здесь  $N$  — нормальное давление на поверхности трения;  
 $\mu$  — коэффициент сопротивления при взаимном продольном перемещении лесоматериалов.

Нетрудно получить ряд расчетных соотношений, если за основу принять указанное выше напряженное состояние элемента пакета. Равнодействующие удельных давлений на гранях выделенного элемента (рис. 1, а)

$$\begin{aligned} \Delta N_1 &= \sigma_1 \Delta x; \\ \Delta N_2 &= \sigma_2 \Delta z. \end{aligned}$$

В рассматриваемом случае для массива сортиментов круглых лесоматериалов следует принять  $\Delta x = \Delta z = D$ .



При продольном перемещении одного сортимента длиной  $l$  сила сопротивления

$$F_1 = (2\sigma_1 D + 2\sigma_2 D) l \mu$$

или на основании выражений (1)

$$F_1 = 2\mu \left[ 1 + \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \sigma_1 D l. \quad (3)$$

Для некоторого слоя, размещенного на уровне  $z$  от основания пакета, сила относительного продольного сдвига  $n$  сортиментов ( $n = \psi \frac{b}{D}$ )

$$F_z = \psi \omega Q_z, \quad (4)$$

где  $\psi$  — коэффициент, равный отношению числа торцуемых сортиментов слоя к общему числу сортиментов слоя;

$\omega$  — приведенный коэффициент сопротивления перемещению, см. формулу (3)

$$\omega = 2\mu \left[ 1 + \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right];$$

$Q_z$  — равнодействующая вертикальных давлений слоя, или вес всех сортиментов, расположенных выше уровня  $z$ ,

$$Q_z = \sigma_1 b l = \varepsilon \gamma b l (H - z), \quad (5)$$

здесь  $b$  — ширина пакета;

$l$  — длина сортимента.

При  $z = 0$  вес всего пакета

$$Q = \varepsilon \gamma b l H, \quad (6)$$

соответственно сила продольного сдвига нижнего слоя

$$F = \psi \omega Q. \quad (7)$$

Полное усилие торцевания (рис. 1, б)

$$R = \frac{FH}{2D_c}, \quad (8)$$

где  $D_c$  — средний диаметр сортиментов.

При  $\varphi = 30 \div 36^\circ$  [5],  $\psi = 0,5$  и коэффициенте сопротивления  $\mu = 0,9$  [1], [2] получим

$$R \approx 0,6 Q \frac{H}{D_c}. \quad (9)$$

Это выражение совпадает с равенством, вычисленным при указанных данных по формуле М. Б. Борисова [1], проверенной экспериментально.

Исследованиями установлено [4], что боковое давление по высоте накопителя можно распределять по закону треугольника. Равнодействующая бокового давления со стороны сортиментов на вертикальные стойки

$$R_b = \frac{\sigma_2 H}{2}, \quad (10)$$

здесь  $\sigma_2$  — элементарное боковое давление у основания стоек.

Подставив выражение для  $\sigma_2$  при  $z = 0$ , формула (1), получим

$$R_6 = 0,5 \varepsilon \gamma \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) H^2 l. \quad (11)$$

Для ели можно принять  $\varepsilon \gamma = 500 \div 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\varphi = 36^\circ$  [4], [5].

Приведем таблицу экспериментальных величин бокового давления (по данным, представленным в нашей работе [4]) и значений, вычисленных по формуле (11).

Таблица 1

Метод вычисления	l, м	H, м	T <sub>1</sub> кгс/м <sup>3</sup>	Боковое давление, кгс, по	
				опытным данным	расчетным данным
КарНИИЛПа — ЦНИИМЭ	1	1,5	600	—	175
		2,0	495	—	260
		2,5	600	—	480
	2	1,5	495	350	292
		2,0		577	520
Н. Г. Гончаренко	4	2,0	600	1800	1250
		2,5		2314	1950
	6	2,0	2288	1870	
		2,5	3098	2930	
Н. А. Гайдара	6,5	1,5	495	1060	950
	9,5	1,5		1560	1390

Как видно из данных табл. 1, расчетные величины удовлетворительно согласуются с опытными данными. Следовательно, для выбора и обоснования параметров при проектировании накопителей и торцевых выравнивателей можно использовать приведенные расчетные соотношения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Б. Борисов. Расчет усилия торцевания. Журн. «Лесная промышленность» № 7, 1970. [2]. С. Н. Грубов. Исследование коэффициентов сопротивления неокоренной древесины. Труды ЦНИИМЭ, вып. 52, Химки, 1964. [3]. В. А. Зурнаджи, В. В. Николаев. Механика грунтов, основания и фундаменты. Изд-во «Высшая школа», М., 1967. [4]. В. И. Игнатов. Об определении давления штабеля на поверхность заданной формы. Труды ЦНИИМЭ, сб. 91, Химки, 1968. [5]. В. И. Игнатов. К вопросу о сопротивлении штабеля сдвигу. Труды ЦНИИМЭ, сб. 94, Химки, 1968.

Поступила 28 февраля 1972 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.0.7

КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСТАВКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ НА ЭКСПОРТ\*

Г. А. ШМУЛЕВ, А. П. ПЕТРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В статье на основе народнохозяйственного критерия экономической эффективности общественного производства — экономики общественного труда — и с учетом особенностей внешней торговли как специфической отрасли народного хозяйства выводятся показатели относительной (сравнительной) и абсолютной эффективности.

Выводится народнохозяйственная модель экономической доступности (целесообразности) поставки технологической щепы на экспорт.

Главный и наиболее общий эффект (результат), получаемый страной от внешней торговли, заключается в повышении производительности общественного труда в рамках национального государства.

Определить размер экономики общественного труда, достигаемой народным хозяйством страны непосредственно от внешней торговли, можно, если из общей суммы затрат, от которых освобождается государство в связи с импортом товаров, вычесть величину затрат, связанных с экспортом той продукции, на валютную выручку от которой приобретаются импортные товары.

Путем такого сопоставления можно в принципе определить и эффект от экспорта и импорта отдельных товаров. Однако в большинстве случаев во внешней торговле не происходит непосредственного обмена определенных экспортных товаров на импортные, и связь между экспортом и импортом опосредствуется валютным обращением.

При рассмотрении проблемы эффективности поставки щепы на экспорт, по нашему мнению, надо исходить из таких предпосылок.

1. Экспорт щепы следует оценивать как один из источников получения необходимой стране иностранной валюты, которая может быть затем использована для закупки за границей необходимых стране товаров, производство которых в нашей стране не налажено или обходится дороже, чем за рубежом. Понятно, что чем выше валютная выручка от экспорта щепы (при прочих равных условиях), тем он выгоднее.

2. Поставка щепы на экспорт связана с определенными затратами, как текущими (на производство и транспортировку щепы), так и единовременными (капитальными вложениями). Разумеется, что чем ниже эти затраты, тем эффективнее экспорт щепы.

На основании сказанного можно вывести показатель экономической эффективности поставки щепы на экспорт: получение максималь-

\* Исследование выполнено под руководством доктора экономических наук, проф. Т. С. Лобовикова.

ной валютной выручки при минимуме затрат (текущих и единовременных), связанных с экспортом щепы.

Затраты (текущие и единовременные) на производство и транспортировку щепы следует рассчитывать по формуле приведенных затрат  $C + E_n K$ , а количественное выражение показателя экономической эффективности экспорта щепы можно представить в виде формулы

$$\max K_{в.ш} = \frac{B_{в.ш}}{(C + E_n K)_{пр.ш} + (C + E_n K)_{тр.ш}} \text{ вал. руб./руб.}, \quad (1)$$

где  $K_{в.ш}$  — показатель (относительный) валютной эффективности экспорта щепы;  
 $B_{в.ш}$  — валютная выручка за единицу (1 пл. м<sup>3</sup>) щепы — в валютных рублях;  
 $(C + E_n K)_{пр.ш}$  и  $(C + E_n K)_{тр.ш}$  — приведенные затраты, связанные с производством и транспортировкой щепы на экспорт.

Рассмотрим конкретное экономическое содержание каждого из членов приведенной формулы.

Расчет затрат, связанных с производством экспортной щепы,  $C + E_n K$  необходимо вести на базе среднеотраслевых, то есть общественно необходимых затрат. Для этой цели можно использовать цены нижнего предела из проекта прейскуранта цен на технологическую щепу, основные принципы которого разработаны в Проблемной экономической лаборатории ЛТА\*.

Нижний предел цены определяется условиями производства щепы. Это минимальная цена, которая обеспечивает предприятию-производителю щепы рентабельную (в пределах нормы) работу.

Транспортные расходы необходимо исчислять по формуле приведенных затрат, поскольку действующие тарифы не в полной мере отражают народнохозяйственные затраты на перевозку грузов. С учетом этого в настоящее время Институтом комплексных транспортных проблем (ИКТП) при участии Гипролестранса разработаны поучастковые показатели приведенных затрат в зависимости от вида транспорта. Эти данные и следует использовать в расчетах эффективности экспорта технологической щепы.

За основу валютной выручки  $B_{в.ш}$  при определении валютной эффективности поставки щепы на экспорт без учета конкретного рынка нужно принимать средние мировые цены. Однако, когда рассматривается вопрос эффективности экспорта щепы в конкретную страну, то в основе валютной выручки должна лежать сложившаяся на данном рынке цена за 1 м<sup>3</sup> технологической щепы в валюте той страны, куда щепы поставляется, с последующим перерасчетом ее в валютные рубли по международному официальному курсу.

Валютная выручка зависит от породного состава экспортной щепы и ее качественных параметров (наличия коры, примесей и т. п.). Особенно сильно снижается качество щепы, а следовательно, и цена на нее из-за наличия коры. Поскольку в нашей стране недостаточно освоено производство щепы без примесей в виде коры, то ее наличие сверх допустимых пределов (1—3%) либо потребует дополнительных затрат, чтобы довести щепу до кондиции, принятой в той или иной стране, либо обусловит значительное снижение валютной цены. В обоих случаях валютная эффективность экспорта щепы снижается.

\* А. Петров, К. Шетинина. Проект прейскуранта цен на щепу. Журн. «Лесная промышленность» № 9, 1970.

Через показатель валютной эффективности экспорта щепы  $K_{э,ш}$ , вычисленный по формуле (1), можно определить, насколько целесообразны дополнительные затраты на облагораживание щепы, так как оно обеспечивает, с одной стороны, прирост валютной выручки  $B_{э,ш}$ , а, с другой, вызывает дополнительные затраты, повышающие общую сумму затрат, связанных с поставкой щепы на экспорт (знаменатель формулы).

По формуле (1) можно определить и показатель валютной эффективности экспорта балансов, взаимозаменяемых по отношению к щепе из низкосортной древесины и древесных отходов, а сопоставляя полученный показатель  $K_{э,б}$  с аналогичным по щепе, можно определить, какую продукцию выгоднее экспортировать нашей стране.

Сравнение таких показателей станет возможным, если они рассчитаны на основе сопоставимых величин (в отношении породного состава, единиц измерения, станций отправления и назначения и др.). Исчисленный таким путем показатель валютной эффективности балансов  $K_{э,б}$  можно считать тем пределом, ниже которого экспорт щепы вместо балансов будет невыгоден для государства, то есть должно соблюдаться условие:  $K_{э,ш} > K_{э,б}$ .

В случае равенства этих показателей ( $K_{э,ш} = K_{э,б}$ ) предпочтение должно быть отдано экспорту щепы, особенно лиственных пород, поскольку щепы вырабатывается из низкокачественной древесины — дров и древесных отходов, ресурсами которых на данном этапе экономического развития наша страна располагает в значительных количествах, в то время как расширение поставок на экспорт балансов требует дополнительных объемов заготовок деловой древесины.

Показатель валютной эффективности экспорта щепы является показателем относительной (сравнительной) эффективности. Он не характеризует абсолютный эффект от экспорта щепы, для определения которого надо знать, что дает стране валютная выручка, то есть во что обошлось бы отечественное производство товаров, которые страна купит на полученную от экспорта щепы валюту.

Этим целям служит импортный эквивалент  $X_{им}$  той страны, куда щепы поставляется.

Показатель  $X_{им}$  определяет величину общественных затрат в рублях на отечественное производство импортируемых из данной страны товаров, приходящуюся на единицу валюты (валютный рубль), получаемой от экспорта щепы.

Тогда величина абсолютного эффекта  $\mathcal{E}_{э,ш}$  от экспорта 1 пл. м<sup>3</sup> щепы примет следующий вид:

$$\mathcal{E}_{э,ш} = B_{э,ш} \cdot V_{им,i} - [(C + E_n K)_{пр,ш} + (C + E_n K)_{тр,ш}] \text{ руб./м}^3, \quad (2)$$

а на определенный объем щепы  $Q$

$$\mathcal{E}_{э,ш} = [B_{э,ш} \cdot X_{им,i} - [(C + E_n K)_{пр,ш} + (C + E_n K)_{тр,ш}]] Q \text{ руб.} \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_{э,ш}^i$  — величина экономии общественных издержек от экспорта щепы в  $i$ -тую страну, руб.;

$X_{им,i}$  — импортный эквивалент  $i$ -той страны.

Согласно существующей методике Госплана СССР, импортный эквивалент  $X_{им,i}$  находят по формуле

$$X_{им,i} = \frac{\sum \mathcal{E}_n / P_n}{\sum B_n / P_n},$$

где  $\Sigma Z_i \Pi_i$  — суммарные затраты на отечественное производство товаров импортного эквивалента в  $i$ -тую страну;  
 $\Sigma B_i \Pi_i$  — суммарные затраты валюты на оплату товаров импортного эквивалента.

Из формулы (2) можно вывести экономическую модель народно-хозяйственной эффективности поставки технологической щепы на экспорт

$$B_{э.щ} \cdot X_{им.і} > [(C + E_n K)_{пр.щ} + (C + E_n K)_{тр.щ}], \quad (4)$$

так как только при этом условии будет иметь место положительная разница между отечественными затратами на импортируемые из  $i$ -той страны товары и затратами на экспортную продукцию (на ее производство и транспортировку).

Формулу (4) можно записать и так:

$$(C + E_n K)_{тр.щ} \leq B_{э.щ} \cdot X_{им.і} - (C + E_n K)_{пр.щ}. \quad (5)$$

Подставляя вместо  $(C + E_n K)_{пр.щ}$  цены нижнего предела  $Ц_{н.пр.щ}$ , о чем было сказано выше, можно записать условие доступности (экономической целесообразности) экспорта щепы в виде следующей модели

$$(C + E_n K)_{тр.щ} \leq B_{э.щ} \cdot X_{им.і} - Ц_{н.пр.щ}. \quad (6)$$

Экономический смысл этого выражения состоит в том, что чем выше разность между  $B_{э.щ} \cdot X_{им.і}$  и  $Ц_{н.пр.щ}$ , тем больше возможные расходы, связанные с транспортировкой щепы, а значит, экономически оправдана поставка щепы на экспорт и из районов страны, удаленных от стран-импортеров.

Если эта разность равна нулю, то экспорт щепы экономически невыгоден, так как все выгоды от него пойдут на покрытие расходов, связанных только с производством щепы, а на ее транспортировку нужны дополнительные затраты.

Поступила 21 февраля 1972 г.

УДК 634.079

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАССЕЛЕНИЯ В СТРУКТУРЕ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н. В. КОЛЬЧЕНКО

Московский институт инженеров землеустройства

Статья содержит сведения об оптимальных решениях вопросов формирования комплексных лесопромышленных предприятий, количественных характеристик факторов, определяющих размеры радиусов расселения, и формирования групповых форм расселения на базе организации транспортной сети государственного значения и развития крупных населенных мест.

Интенсивная промышленная эксплуатация лесов сопровождается значительным уменьшением лесопокрытой площади, нарушением гидрологического режима, обеднением ландшафта и наступлением «лустыни» на человека. Поэтому борьба за комплексное рациональное использование и расширенное воспроизводство возобновимых природных ресурсов есть важнейшая проблема современности.

Для решения этой проблемы исследовались критерии и методы, которые должны быть положены в основу оценки экономики лесозаготовительного производства, сбережения русского леса, обогащения естественных ресурсов, научной организации труда и расселения трудящихся.

С точки зрения экономики процесса использования лесных богатств и эффективности капиталовложений в строительство лесопромышленных предприятий давно уже рекомендуется решительный переход лесозаготовительной промышленности на комплексное, промышленное освоение лесов на базе современных, прогрессивных технических решений, включая и постоянство лесопользования, то есть на организацию крупных комплексных лесопромышленных предприятий.

Кроме высокой экономической эффективности, дальнейшие изменения в структуре и динамике производительных сил этих предприятий, в свою очередь, окажут воздействие на последующие качественные сдвиги в сфере человеческой жизни, характере и форме разделения труда и явятся одной из главных предпосылок в укрупнении малых населенных мест в лесопромышленных районах страны. Развитие этого вида производств еще больше изменит характер человеческого труда. Труд будет приобретать характер более сложных функций и закономерно воздействовать на дальнейший рост культуры человека, а следовательно, сопровождаться более высокими требованиями к быту и культурно-бытовому обслуживанию. А это также потребует коренного изменения условий расселения трудящихся лесопромышленных районов нашей страны.

Известно, что формирование расселения и изменения функциональной структуры лесных поселков, их величины и типа жилищ определялось ходом исторического развития лесозаготовительной промышленности, ростом ее производительных сил, интенсивным процессом социальных преобразований, развитием материальной и культурной жизни нашего общества. Однако в условиях современного высокомеханизированного лесопромышленного производства и транспорта концентрация населения в местах приложения труда уже не является строгой необходимостью.

Анализ размещения ряда лесных поселков относительно мест приложения труда при пользовании ведомственным пассажирским транспортом показывает, что сумма затрат времени на переход от места жилья до остановки пассажирского транспорта, на ожидание, посадку и переход от конечной остановки транспорта до места работы составляет для автотранспорта примерно 15 мин, а для рельсового — 20 мин. Соответственно при предельных затратах времени на всю поездку от места жилья до места работы в 60 мин допустимая продолжительность самого передвижения транспорта составит: для автомобильного 30—40 мин и для рельсового 25—30 мин. Тогда для постоянно действующего комплексного лесозаготовительного предприятия с заданным проектным объемом лесозаготовок  $M$ , тыс.  $m^3$  в год и количеством ликвидной древесины на 1 га  $m$ ,  $m^3$  при необходимом времени выращивания годного сортимента  $t$ , лет и коэффициенте лесопокрытой площади  $k$  главный радиус расселения (расстояние от поселка до самой удаленной лесосеки) для каждого вида транспорта может быть определен по следующей формуле:

$$R = \frac{1}{k} \sqrt{3,2 \frac{Mt}{m}} \text{ км.}$$

Аналитические зависимости  $M$ ,  $m$  и  $t$  отражены в номограмме (рис. 1), которая может помочь экономически целенаправленно строить

политику создания комплексных предприятий и расселения не с точки зрения отдельной отрасли, а исходя из совокупности природных и экономических условий лесных районов.

В лесозаготовительной промышленности особую роль играет тип транспорта. Поэтому, ориентировочно определив его по номограмме, необходимо затем проанализировать и ряд других важных местных факторов, влияющих на этот выбор.

На совещании работников лесозаготовительной промышленности, проектных и строительных организаций при ЦК профсоюза (1971 г.) прослеживалась одна характерная черта — исключительный интерес к проблеме градостроительства и новой форме расселения, наиболее полно отвечающей духу наших социальных проблем.

Исследование развития лесной и деревообрабатывающей промышленности показывает, что созрела необходимость изменить условия расселения путем повышения концентрации населения и развития, вместо малых поселков, крупных лесопромышленных населенных мест с применением современных принципов их архитектурно-планировочной структуры, последовательного создания в них высокой культуры и комплекса всех удобств, где человек, и особенно молодой, смог бы увидеть перспективы для творческого труда, образования и многогранной общественной жизни.

Основой формирования планировочной структуры современных лесопромышленных населенных пунктов должна быть возможность дальнейшего развития важнейших их функциональных зон с сохранением устойчивых взаимосвязей между ними (рис. 2, первая схема). Для второй схемы наиболее типично параллельное расположение промышленной и жилой зон, при котором территориальное расширение не вызывает резкого увеличения расстояния между жилыми образованиями и местами приложения труда. Предприятия типов, показанных на схемах, — база для создания городов с населением 80 тыс. человек и более. Они явятся экономическими и культурными центрами лесопромышленных районов. Выгодное географическое положение таких городов и концентрация в них производственных мощностей — важный фактор их дальнейшего развития и включения в сферу их влияния ряда других более мелких поселков в радиусе 50—100 км.

Для понимания процессов формирования планировочной структуры постоянных культурных центров поселений не менее важен тот факт, что многие из них развиваются как мощные центры лесоперерабатывающей промышленности, энергетики и химии, требующие создания больших санитарно-гигиенических разрывов между жилыми и промышленными районами. Такой генеральный план не имеет жесткой основы и обладает достаточной гибкостью при изменении экономической структуры населенных мест на длительный период.

Развитие комплексных лесопромышленных предприятий создаст условия для формирования нескольких групп населенных мест, представляющих собой особые локальные групповые системы расселения. Для рационального решения этой задачи были проведены исследования, в том числе экспериментально-проектные поиски, по крупным районам Сибири, охватывающие территорию площадью до 4,8 млн. га (рис. 3 и табл. 1). В схеме создания рациональной технической организации территории, показанной на рисунке, предлагается интенсивное развитие комплексных лесопромышленных предприятий с постоянным лесопользованием, где города Белый Яр и Усть-Озерск должны быть основным звеном в организации целого лесопромышленного района сосредоточения перерабатывающей промышленности, научных комплексов, культурно-административных центров и других объектов. Другой решая-



Таблица 1

№ предприятия на схеме	$S$ общая, тыс. га	$S$ лесопокрытая, тыс. га	$M$ , тыс. м <sup>3</sup> /год	$R$ , км
XI	560 000	390 000	850	50
XII	520 000	360 000	800	50
XIII—V	1000 000	700 000	850	50
VII	630 000	440 000	900	45
VI—IV	560 000	400 000	850	50
III—IV	520 000	360 000	750	48
I—II	350 000	240 000	500	40
X	230 000	160 000	350	50
VIII—IV	440 000	300 000	650	45
Итого	4,8 млн. га	3,35 млн. га	7,15 млн. м <sup>3</sup> /год	$R_{\text{ср}} = 45$ км

Примечание. Для всех предприятий  $k = 0,7$ ;  $m = 170$  м<sup>3</sup>/га;  $t = 80$  лет.

ющий момент схемы — организация транспортной сети государственного значения, призванная обеспечить ведомственное промышленное производство и воспроизводство леса, связь отдельных населенных пунктов лесопромышленных предприятий с центральным городом и между собой. В свою очередь, каждый город объединяет группу крупных лесопромышленных населенных мест кольцевой и радиальными магистралями. Причем транспортная сеть всего района решается комплексно (согласуются железнодорожные, водные и автомобильные магистрали).

Самые скромные подсчеты показывают, что общая экономическая эффективность капиталовложений в промышленное строительство рассматриваемого комплекса составит 14,8%.

Освоение прилегающих к общегосударственным транспортным сетям лесных территорий и восстановление их естественного ландшафта будут развиваться на маршрутах речных и ведомственных транспортных связей, что обеспечит градостроительную основу для создания полноценной групповой системы расселения.

Рассмотренная концентрация развития и формирования новой групповой системы расселения по всей лесопромышленной зоне в целом (рис. 3) позволит вовлечь в интенсивный процесс обшения как городское население, так и население малых населенных мест лесопромышленных предприятий. При этом существенно изменится структура населенных мест и их сеть культурно-бытового обслуживания населения.

Формирование комплексных лесопромышленных предприятий с постоянным лесопользованием, знаменуя новый шаг в повышении уровня развития производительных сил, явится не только основой высшей формы организации общественного производства, но и движущей силой преобразования существующей сети лесных поселков с превращением их в благоустроенные и культурные центры городского типа.

УДК 634.0.6

**ОБ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ  
ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

А. А. ШУЖМОВ

КарНИИЛП

Излагается методика оценки уровня организации лесовосстановления с определением уровней освоения лесокультурного фонда и сохранности подроста хвойных пород, оптимизации соотношения методов и способов лесовосстановления, оптимизации первоначальной густоты культур, их размещения по территории района и в типологическом плане, оптимизации механизированного воздействия на почву. Успешность культур в соответствии с почвенно-климатическими и организационно-хозяйственными условиями предприятий оценивается уровнем результативности, устанавливаемым из соотношения плановых потерь на отпаде культур к фактическим.

Определение уровня развития лесокультурного производства на практике сводится к анализу выполнения плана по видам работ в натуральных и стоимостных показателях (форма 10-ЛХ), а успешность культур оценивается по их приживаемости и сохранности. Но при этом не учитывается напряженность плановых заданий ни в отношении объемных показателей, ни с точки зрения сложности закультивирования. Поэтому представляется необходимым разработать систему показателей, характеризующих уровень организации и результативности лесокультурного производства с учетом почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий лесничеств, лесхозов и в целом управлений лесного хозяйства.

Система оценки уровня организации производства и труда [6], включающая показатели уровней оперативно-производственного и сетевого планирования, ритмичности, использования основных фондов, охвата рабочих механизированным трудом, использования рабочего времени, соотношения численности основных и вспомогательных рабочих и др., пока не может быть использована в лесном хозяйстве вследствие недостатков в учете и отчетности. Тем не менее, в настоящее время результаты производственной деятельности лесохозяйственных предприятий по восстановлению лесов могут быть охарактеризованы специфическими показателями: уровнем освоения лесокультурного фонда, сохранности подроста, оптимизации соотношения методов и способов лесовосстановления и соотношения древесных пород, оптимизации первоначальной густоты культур и их размещения по территории и в топологическом плане. Дополнительно могут быть определены уровень механизированного воздействия на почву, сводный уровень организации лесокультурного производства и уровень допустимых потерь как комплексный показатель результативности культур. На примере Архангельской области покажем методологию исчисления названных показателей.

Уровень освоения лесокультурного фонда (У. ф) показывает соотношение фактического и планового объемов лесных культур и мер содействия естественному возобновлению. При этом плановый объем лесовосстановительных работ определяется на основе экспертных оценок хода естественного возобновления под пологом леса, на

вырубках и гарях [1] — [4], [7], а также отпада в культурах и на площадях, где проведено содействие естественному возобновлению, конкретно по каждому участку непокрытой лесом площади. Кроме того, необходимые ежегодные объемы лесовосстановительных работ определяются на основе расчетов потребности в трудовых ресурсах, материальных средствах и технической оснащенности предприятий.

При освоении лесокультурного фонда прошлых лет, проведении необходимых работ по восстановлению лесов на ежегодно вырубаемой площади и площади погибших культур и гарей ежегодный объем лесокультурных работ в Архангельской области, по нашим расчетам, должен составить 66,36 тыс. га, площадь сохранения подроста — 76,5 тыс. га и других мер содействия возобновлению — 25,5 тыс. га. Фактический объем лесных культур в 1970 г. был равен 33,32 тыс. га и содействия возобновлению — 50,07 тыс. га. Уровень освоения лесокультурного фонда 0,496, причем отношение фактического объема производства лесных культур к плановому составило 0,503, а содействия — 0,490. Практически оба показателя вдвое ниже нормативного.

Показатель уровня сохранности подроста (У. п) хвойных пород в процессе главных рубок связан с первым показателем, но его значение не менее важно, поскольку он определяет отношение взаимосвязанных отраслей — лесной промышленности и лесного хозяйства — к наиболее прогрессивному методу воспроизводства лесов. Отношение фактической площади сохранения подроста в Архангельской области в 1970 г. (45,3 тыс. га) к плановому (76,5 тыс. га) составило 0,59. Следует отметить, что большое отставание фактических объемов содействия естественному возобновлению от научно обоснованных объясняется не только невыполнением планов по сохранению подроста, но в значительной мере определяется забвением таких методов, как оставление семенников и минерализация почвы, позволяющих в определенных условиях получать хорошие результаты.

Уровень оптимизации соотношения способов создания лесных культур (У. с) важен как с лесоводственных, так и с экономических позиций и определяется долей площади посадок в общем объеме выращивания культур. Но большая трудоемкость и себестоимость посадок, организационно-технические трудности выращивания, транспортировки и хранения семян вынуждают лишь постепенно наращивать объемы посадок. Таким образом, могут быть два пути оценки уровня оптимизации соотношения способов создания культур: отношение фактического объема посадок ко всей проектируемой площади культур или сопоставление фактической доли площади посадок в отчетном году с нормативной, исчисленной исходя из осуществленных возможностей финансирования, обеспечения рабочей силой, материалами и механизмами. Первый показатель определяет, насколько близко к идеальному соотношению посадок и посевов в том или ином предприятии или управлении лесного хозяйства. Однако в этом случае предприятия ставятся в неравное положение при оценке в связи с различиями в экономических условиях использования и воспроизводства лесного фонда. Поэтому, на наш взгляд, предпочтительнее второй критерий оценки.

Намеченное на прошлую пятилетку научными организациями (Архангельский институт леса и лесохимии, АЛТИ) и лесохозяйственными органами соотношение посадок и посевов (29 и 71%) в отчетном 1970 г. оказалось очень близким к плановому. Фактическая доля посадок составила 26%, искомый коэффициент — 0,914. Но в целом за пятилетку показатель У. с был равен 0,331. Кроме того, при общем сравнительно благополучном положении в 1970 г. наблюдались диспропорции в выборе способов облесения вырубок по древесным породам: доля по-

садок в лесных культурах определена по проекту в размере 7,9%, в еловых — 52,8%, а фактически составила соответственно 27,6 и 31,9%.

К этому добавим, что в истекшей пятилетке фактическое участие сосны в культурах на 14,7%, лиственницы — на 3,6% меньше, а ели — на 18,3% больше нормативов, что было вызвано недостатком семян сосны и некондиционностью семян лиственницы.

Уровень оптимизации первоначальной густоты культур (У. г) определяется отношением фактической средневзвешенной густоты посевов и посадок к нормативной.

Для условий Архангельской области исходя из фактического распределения лесокультурного фонда в 11 лесхозах по типам леса и вырубок, их давности, задерненности, механического состава и влажности почв, а также нормативов первоначального числа посевных и посадочных мест нормативная средняя густота — 3580 мест/га [5]. Фактическая густота культур в обследованных лесхозах, объем лесовосстановительных работ в которых превышает 30% общего объема в области, составила 3010 мест/га. Таким образом, показатель уровня оптимизации густоты культур равен 0,842.

Уровень оптимизации размещения культур по типам лесорастительных условий (У. р) — показатель, характеризующий сложность, а следовательно, трудоемкость, стоимость и результативность их выращивания. Для его определения необходимо установить средневзвешенную фактическую и нормативную суммы прямых затрат (без стоимости семян и сеянцев) на выращивание лесных культур в соответствии с условиями местопроизрастания. Весами служат доли типов леса и вырубок в процентах, а базой — нормативные или фактические прямые производственные затраты для закультивирования 1 га соответствующих типов вырубок. Тогда уровень оптимизации размещения (У. р) определится из соотношения

$$У.р = \frac{П_{ф1}З_1 + П_{ф2}З_2 + \dots + П_{фk}З_k}{П_1З_1 + П_2З_2 + \dots + П_kЗ_k}$$

где  $П_{ф1} \dots П_{фk}$  — фактическая доля площадей по типам леса в общей площади созданных культур, %;

$П_1 \dots П_k$  — нормативное участие тех же типов леса в лесокультурном фонде, %;

$З_1 \dots З_k$  — нормативные затраты на выращивание культур по условиям местопроизрастания, руб.

Исходя из фактического (табл. 1) и нормативного распределения лесокультурного фонда по типам леса и фактических (поскольку нор-

Таблица 1

Тип леса	Распределение лесокультурного фонда, %	
	нормативное	фактические
Лишайниковый . . .	0,1	8,8
Брусничник . . . . .	10,7	16,8
Кисличник . . . . .	0,8	1,3
Травяной . . . . .	0,3	0,7
Черничник свежий	25,0	30,0
влажный	25,0	33,0
Долгомошник . . .	38,1	9,4
Итого . . . . .	100,0	100,0

мативные не разработаны) прямых затрат на выращивание культур в 11 лесхозах области [8] значение показателя  $У. р$  составило 0,71. О несоответствии фактического выбора площадей для закультивирования нормативному можно судить и по сопоставлению доли тех или иных типов леса.

В этом случае исчислить сводный показатель не представляется возможным. Из приведенных данных следует, что в лесхозах Архангельской области еще не произошла окончательная переориентация в освоении лесокультурного фонда от сухих и свежих местопроизрастаний к влажным, сырым и мокрым, от сравнительно простого технологического процесса к его усложнению и удорожанию, хотя начало такому процессу положено.

В настоящее время в лесном хозяйстве определяется уровень механизации отдельных видов работ, а уровень механизации труда как синтезирующий показатель определить не представляется возможным из-за отсутствия соответствующего учета. В качестве общего показателя можно предложить уровень механизации воздействия на почву как отношение объема работ, выполненных с помощью механизмов, ко всей площади всех видов лесовосстановительных мероприятий. В свою очередь, отношение фактического индекса к нормативному позволит определить уровень оптимизации механизированного воздействия на почву ( $У. м$ ).

Вследствие постепенного роста технической оснащенности лесного хозяйства механизация того или иного процесса становится возможной только с появлением определенных машин и орудий. Поэтому, учитывая серийность выпуска и наличие в хозяйствах области тех или иных машин, а также почвенно-климатические условия в лесхозах, необходимо определить нормативный или возможный уровень механизации отдельных видов работ.

Наличие в лесхозах Архангельской области плугов ПКЛ-70, ПЛП-135, ПКЛН-500 и соответствующих тяговых машин позволяет полностью механизировать подготовку почвы. При этом на определенной части площади условно сплошных рубок и недорубов приходится проводить предварительную работу по механизированному или ручному (с помощью бензопил) прорезыванию проходов для движения техники, так как на вырубках остается большое количество валежника, хлыстов и ветровальных деревьев.

Наличие тракторных сеялок ПСТ-2А и лесопосадочных машин СБН-1, ЛМД-1, а также сеялок и сажалок, входящих в комплект универсального плуга ПКЛ-70, позволяет механизировать посев и посадку леса на дренированных вырубках при производстве работ в дно плужных борозд. Можно предположить, что механизация посева и посадки возможна на всей площади лишайниковых типов леса, брусничников, кисличников, травяных и половине площади черничников свежих. На остальных площадях (черничники свежие и влажные, долгомошники) необходимы сеялки и сажалки для производства культур по пластам плужных борозд. Таких машин в области нет. Поэтому на указанной площади посев и посадку приходится выполнять вручную.

Имеющиеся образцы машин СЛА-2М, СЛП-2, вероятно, также не решат проблемы вследствие большого количества пней и захламленности вырубок, что препятствует образованию устойчивых мощных пластов, необходимых для работы этих машин. Для обеспечения механизации лесовосстановления на влажных вырубках Севера, по нашему мнению, нужны принципиально новые машины, образующие «точечные» микроповышения с рыхлением, перемешиванием, удобрением почв и одновременным посевом либо посадкой. Образование плужных борозд

необходимо также в целях удаления избыточных поверхностных вод, расстояния между бороздами должны определяться гидротехническими расчетами.

Не поддаются механизации также дополнение лесных культур и уход за ними вследствие их создания непрямолинейными рядами с неравномерным размещением посевных и посадочных мест при частичной подготовке почвы по нерасчищенным и нераскорчеванным вырубкам, где существующие марки культиваторов не применимы.

Расчистка и раскорчевка площадей под питомники и для других целей уже в настоящее время полностью механизированы. Работы в питомниках при должной организации могут быть механизированы на 80% (подготовка территории, вспашка, дискование, боронование, градоделание, посев, выкопка семян).

Таким образом, с учетом доли площадей, на которых выполнены те или иные виды работ, и представленности типов вырубок нормативный показатель механизации воздействия на почву составил 33,2%, а фактический в 1970 г. — 25%, тогда искомым индекс  $У. м$  будет равен 0,752.

Сводный индекс уровня организации лесокультурного производства ( $У.о$ ) определится либо как средняя арифметическая из установленных показателей, либо как их произведение. Но во втором случае различия в уровне организации лесовосстановления на предприятиях сглаживаются. Определяя  $У. о$  для Архангельской области как среднюю арифметическую его составляющих, получим 0,716.

Показатель результативности лесокультурного производства в фазе приживаемости культур ( $У. рез$ ) может быть определен исходя из величины их отпада (в денежном выражении). При этом необходим учет приживаемости и сохранности посевов и посадок по типам вырубок. Тогда  $У. рез$  определится из соотношения

$$У. рез = \frac{(100 - P)(P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + \dots + P_k Z_k)}{(100 - P_1)P_{ф1} Z_1 + (100 - P_2)P_{ф2} Z_2 + \dots + (100 - P_k)P_{фk} Z_k} \quad (2)$$

где  $P$  — нормативная приживаемость культур (90% для Европейского Севера);

$P_1 \dots P_k$  — фактическая приживаемость культур по типам местопрорастания.

Индексы уровня организации и результативности лесокультурного производства могут служить критериями для объективного сопоставления работы лесничеств, лесхозов и управлений лесного хозяйства и соответствующего их материального стимулирования в случае достижения лучших результатов.

На наш взгляд, разработанная методика учета уровня организации и результативности лесокультурного производства приемлема для многолесных районов Европейского Севера и Сибири. Желательна была бы практическая оценка организации лесовосстановления в ряде лесхозов этих районов с установлением необходимых нормативов органами лесного хозяйства, научно-исследовательскими и проектными организациями.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. И. Артемьев, Н. Н. Пальмов. Об изменении породного состава молодняков с возрастом в средней подзоне тайги Архангельской области. Сб. «Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках Северо-Запада европейской части СССР», Архангельск, 1971 [2]. П. Н. Львов. Планирование восстановительных работ в таежной зоне. Журн. «Лесное хозяйство» № 2,

1966. [3]. И. С. Мелехов. Рубки и возобновление леса на Севере. Архангельское книжное изд-во, 1960. [4]. Н. А. Моисеев. За интенсификацию лесного хозяйства Северо-Запада. Сб. «Пути повышения продуктивности лесов Северо-Запада», ЦБТИ, Архангельск, 1966. [5]. Ф. Т. Пигарев, Т. С. Непогодьева, Б. А. Сенчуков. Рекомендации по густоте посева и посадки сосны. ЦБТИ, Архангельск, 1969. [6]. Ю. Н. Усанов, В. П. Гончаров. Определение уровня научной организации труда. Журн. «Лесная промышленность» № 1, 1969. [7]. В. Г. Чертовской. К вопросу об естественном возобновлении в лесах Севера и его хозяйственном использовании. Сб. «Некоторые вопросы развития лесного хозяйства таежной зоны», Северо-Западное книжное изд-во, Архангельск, 1964. [8]. А. А. Шужмов. Себестоимость и трудоемкость выращивания лесных культур на Европейском Севере. Журн. «Лесное хозяйство» № 7, 1971.

---

Поступила 13 марта 1972 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 634.0.232.315.3

О ПОДГОТОВКЕ К ПОСЕВУ СЕМЯН  
ПИХТЫ ЦЕЛЬНОЛИСТНОЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

И. А. ПАВЛЕНКО

Приморский сельскохозяйственный институт

Приведены результаты опытов по подготовке к посеву семян пихты цельнолистной способом снегования намоченных в воде и сухих семян. Показано, что длительность снегования должна быть 1—2 месяца, предварительное намачивание — в течение суток.

Пихта цельнолистная — одна из наиболее ценных древесных пород советского Дальнего Востока. Древесина ее практически не повреждается дереворазрушающими грибами. Пихта цельнолистная относится к быстрорастущим хвойным породам, достигая высоты 45—50 м и в диаметре более 1,5 м [4].

Бессистемные и прививочные рубки этой породы привели к тому, что в настоящее время насаждения с ее участием сохранились только в заповедниках Кедровая падь, Супутинском и в близлежащих лесхозах [2]. Восстановление и разведение этой замечательной породы сдерживается почти полным отсутствием научно разработанных рекомендаций по выращиванию посадочного материала в лесных питомниках.

Семена пихты цельнолистной относятся к легкопрорастающим. Они могут давать всходы без какой-либо предварительной подготовки к посеву. Но в связи с низкой всхожестью и растянутым периодом прорастания в прунте (до 40 дней) нецелесообразно высевать неподготовленные семена. Г. А. Трегубов [1], [3] рекомендует семена этой породы перед весенним посевом подвергать 10—20-дневной стратификации или же 2—3-суточному намачиванию.

В 1971 г. мы провели опыты по подготовке к посеву семян пихты цельнолистной способом снегования. Продолжительность снегования составила 1—2 месяца. Опыты проводили в двух вариантах. По первому варианту семена закладывали под снег с предварительным суточным замачиванием в воде комнатной температуры, по второму — в опытах использовали сухие семена. Контролем во всех случаях служили семена, подвергавшиеся перед посевом замачиванию в воде в течение двух суток.

Лабораторную всхожесть семян, прошедших различную предпосевную подготовку, проверяли проращиванием в обычных растильях по методике, изложенной в ГОСТе 13056.6—68. Единственным отличием от требований ГОСТа было то, что в каждом варианте на проращивание раскладывали не 400, а 600 семян.

Энергия прорастания снегованных семян во всех вариантах значительно выше контрольных. Особенно резко она повышается при снеговании с предварительным суточным замачиванием (вдвое в сравнении с контролем). Техническая всхожесть также значительно выше (в 1,1—1,3 раза). Только при снеговании сухих семян в течение 1 месяца различие в показателях технической всхожести несущественно. Небезынтересен тот факт, что разница между показателями энергии прорастания и технической всхожести у контрольных семян составляет 20%, у семян, снегованных сухими — около 10%, замоченными — 3—4%. Следовательно, подавляющее большинство снегованных семян проросло уже в первые 10 дней, в то время как в контроле прорастание растянулось на весь тридцатидневный срок.

Для проверки влияния снегования на грунтовую всхожесть семян, динамику появления всходов и рост сеянцев был произведен посев в питомнике учебно-опытного лесхоза Приморского СХИ. Глубина заделки семян 1,5 см, посевные ленты мульчировали опилками, а с появлением всходов отеняли щитами. По каждому варианту высевали по 100 семян на 1 пог. м посевной бороздки (в 20-кратной повторности). Всходы учитывали через каждые пять суток.

На срок появления всходов в грунте положительное влияние оказало только снегование замоченных семян в течение двух месяцев. В этом варианте всходы появились на 20-й день после посева, в остальных — на 10 дней позже.

Наиболее высокая грунтовая всхожесть оказалась в обоих вариантах снегования замоченных семян (в 1,5—1,6 раза выше, чем в контроле); несколько ниже в вариан-



тах снегования сухих семян, хотя также намного выше, чем в контроле. К концу вегетационного периода в контроле насчитывали в среднем 16,8 семян на каждую сотню высеванных семян, в то время как в вариантах снегования сухих семян в 1,2—1,6 раза, замоченных — в 2,1—2,2 раза больше. Наибольший отпад всходов наблюдался в контроле и в варианте посева семенами, снегованными в сухом состоянии в течение одного месяца: погибли около половины всходов. По глазомерным наблюдениям, главной причиной гибели всходов являлся фузариоз.

Снегование семян положительно сказалось также на росте однолетних сеянцев по высоте и на накоплении органической массы.

В вариантах снегования сухих семян высота однолетних сеянцев в 1,3 раза, а замоченных — в 1,7—1,9 раза больше, чем в контроле. Показатель существенности различия средних величин во всех случаях больше 3.

Одновременно с опытами по пихте мы произвели географические посевы лиственниц: даурской, Сукачева, тонкочешуйчатой, Комарова, сибирской и ольгинской. Осенние замеры сеянцев показали, что однолетки пихты цельнолистной, выращенные из семян, снегованных в течение двух месяцев с предварительным замачиванием, уступают по высоте только однолеткам лиственницы тонкочешуйчатой, примерно одинаковы с сеянцами лиственницы ольгинской и на 20—90% выше остальных видов.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Н. Г. Васильев, Д. П. Галицкий, Г. А. Трегубов. Временное руководство по проведению лесохозяйственных мероприятий в чернопихтовых лесах Приморья. Владивосток, 1959. [2]. Д. П. Воробьев. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Изд-во «Наука», Л., 1968. [3]. Г. А. Трегубов. Рекомендации по выращиванию посадочного материала и лесоразведению на Дальнем Востоке. Хабаровск, 1960. [4]. Н. В. Усенко. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск, 1969.

УДК 634.052

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО ОБЪЕМНОГО ПРИРОСТА СТОЯЩЕГО ДЕРЕВА

А. И. ПАТАЦКАС

\* Литовская сельскохозяйственная академия

В статье излагается способ определения текущего объемного прироста стоящего дерева  $Z_v$ . Для этой цели предлагаются формулы, с помощью которых можно найти  $Z_v$ , измерив в натуре три таксационных показателя: диаметр дерева без коры на высоте груди, текущий радиальный прирост и высоту дерева. Для статьи использован материал, полученный при исследованиях в чистых сосняках Литовской ССР.

Текущий объемный прирост стоящего дерева  $Z_v$  можно определить следующим способом:

$$Z_v = V - V_1 = ghf - g_1 h_1 f_1, \quad (1)$$

где  $V = ghf$  — объем дерева без коры;

$V_1 = g_1 h_1 f_1$  — то же  $n$  лет назад;

$g$  и  $g_1$  — площади сечения дерева на высоте груди теперь и  $n$  лет назад;

$hf$  и  $h_1 f_1$  — видовые высоты дерева без коры теперь и  $n$  лет назад.

При определении  $Z_v$  стоящего дерева по формуле (1) нужно найти площади сечения дерева  $g$  и  $g_1$  по формулам

$$g = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$g_1 = \pi \left( \frac{d}{2} - Z_r \right)^2 = \pi \left( \frac{d^2}{4} - dZ_r + Z_r^2 \right),$$

здесь  $d$  — диаметр дерева без коры на высоте груди;

$Z_r$  — текущий радиальный прирост за  $n$  лет.

Видовые высоты дерева  $hf$  и  $h_1 f_1$  получаются по уравнению

$$hf = ah - b; \quad (2)$$

$$h_1f_1 = ch - k. \quad (3)$$

В этих уравнениях  $h$  — высота дерева в данный момент;  
 $a, b, c, k$  — постоянные коэффициенты.

Мы определили эти коэффициенты для чистых естественных сосняков Литовской ССР, I—IV классов бонитета, условий местопроизрастания  $A_2, B_2$  и  $B_3$ , возраста 40—120 лет, полноты 0,5—0,9. Для этой цели использовали данные, собранные в 1961—1963 гг. при повторном лесоустройстве. После обработки данных вывели уравнения

$$hf = 0,4644h - 0,7587; \quad (4)$$

$$h_1f_1 = 0,4601h - 0,0368. \quad (5)$$

В этих уравнениях  $h_1f_1$  получают за 10 лет; по формуле (1) находим  $Z_v$  также за 10 лет. Разделив  $Z_v$  на 10, вычисляем средний годичный текущий объемный прирост.

Возникает вопрос, почему в уравнениях вида (3) и (5) в качестве зависимой переменной взята не высота дерева 10 лет назад  $h_1$ , а высота дерева в данный момент  $h$ . Измерить высоту стоящего дерева в настоящее время нетрудно, а установить, какой была высота 10 лет назад, почти невозможно. Главная причина заключается в том, что уравнения  $h_1f_1 = \varphi(h)$  и  $h_1f_1 = \psi(h_1)$  дают одинаковую точность, поэтому нет надобности включать в уравнения (3) и (5) величину  $h_1$ .

Теперь рассмотрим, с какой точностью можно определить текущий объемный прирост стоящего дерева  $Z_v$  по формуле (1). Суммарная ошибка при вычислении  $Z_v$  по формуле (1) будет включать ошибку уравнений (2) и (3), ошибку разности объемов  $V$  и  $V_1$ , а также ошибки измерения в натуре  $d$  и  $Z_r$  и высоты дерева  $h$ . Величины  $d$  и  $Z_r$  стоящего и срубленного деревьев определяются с одинаковой точностью. А нас интересует вопрос, насколько уменьшается точность, если определить  $Z_v$  на стоящем дереве. Поэтому ошибки, которые допускаются при измерении  $d$  и  $Z_r$ , учитывать не будем. Ошибка при измерении высоты стоящего дерева весьма мала по сравнению с ошибками уравнений для определения  $hf$  и  $h_1f_1$ , поэтому ею можно пренебречь.

Ошибки уравнений (4) и (5) вычисляли по формуле

$$\mu = \pm C \sqrt{1 - r^2},$$

где  $\mu$  — основная ошибка (вероятность  $P = 0,683$ );

$C$  — коэффициент вариации величины  $hf$  ( $h_1f_1$ );

$r$  — коэффициент корреляции между  $hf$  ( $h_1f_1$ ) и  $h$ .

Основная ошибка уравнений (4) и (5) составляет  $\pm 9\%$ .

С точностью  $\pm 9\%$  получаются только объемы  $V$  и  $V_1$ . Вычисляя  $Z_v$  как разность объемов  $V$  и  $V_1$  по формуле (1), получаем дополнительную ошибку. Суммарную ошибку вычисляем следующим образом. Сперва находим  $hf$  и  $h_1f_1$  по уравнениям (2) и (3). Умножая  $hf$  и  $h_1f_1$  на  $g$  и  $g_1$  соответственно, получаем  $V$  и  $V_1$ , разность  $V - V_1$  дает текущий объемный прирост дерева за 10 лет. Разделив вычисленный по формуле (1)  $Z_v$  на 10, получим  $Z_v$ , средний за один год. Затем по модельным деревьям находим  $Z_v$  действительный и разность  $Z_v$  вычисл. —  $Z_v$  действ. =  $\Delta$ .

Так как  $\Delta$  может иметь разные знаки, то во избежание нежелательного их влияния все  $\Delta$  возводим в квадрат. Сумму квадратов  $\Delta$  ( $\sum \Delta^2$ ) делим на  $n$  (число всех модельных деревьев) и, извлекая корень квадратный из  $\frac{\sum \Delta^2}{n}$ , получаем суммарную основную ошибку  $\mu$  в абсолютных величинах;  $\mu$  в процентах получается по формуле

$$\mu \% = \frac{\mu}{Z_v \text{ действ.}} \cdot 100.$$

Ошибки  $\Delta$  имеют знаки плюс или минус и распределяются по нормальному закону. Так как примерно 68,3% всех ошибок находится в интервале  $\pm 15\%$ , то можно заключить, что суммарная ошибка  $\mu = \pm 15\%$  получена с вероятностью 0,683.

Такая точность невысока. Но применяя формулу (1) и упомянутые уравнения, можно определить текущий прирост по запасу древостоя  $Z_M$  с точностью до  $\pm 11\%$ . Для этого на пробной площади проводят сплошной пересчет деревьев, в ступенях толщины берут учетные деревья, вычисляют их приросты  $Z_v$  по уравнениям (4) и (5) и формуле (1). На основании  $Z_v$  учетных деревьев в ступенях толщины и числа деревьев в каждой ступени, определяют величины текущего прироста по

запасу в отдельных ступенях толщины. Их сумма дает текущий прирост по запасу  $Z_M$  на пробной площади.

Так, используя предложенный метод, можно определить  $Z_M$  на пробной площади с высокой точностью без рубки модельных деревьев.

УДК 674.049.2

## О ДЕМПИРУЮЩИХ СВОЙСТВАХ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Л. А. БЯЛЬСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

На основе экспериментальных данных показано, что диссипативные силы в прессованной древесине березы носят вязкий характер, соответствующий гипотезе Кельвина — Фойгта.

Прессованная древесина в качестве конструкционного материала успешно применяется в деталях машин (виброгасящие прокладки, детали буксовых узлов подвижного состава железных дорог, втулки дышлового механизма паровозов и т. д.), работающих в условиях переменных и ударных нагрузок [4]. В литературе практически отсутствуют данные о демпфирующей способности этой древесины, хотя известно, что под влиянием внутреннего трения в материале происходит быстрое затухание собственных колебаний конструкции, а также снижение напряжений от ударов и импульсов.

Характер внутреннего трения в прессованной древесине мы исследовали на специальной установке [1] на консольных образцах из березы одноосного уплотнения (ГОСТ 9629—66) при свободных затухающих колебаниях. Колебания регистрировали светолучевым осциллографом Н-102.

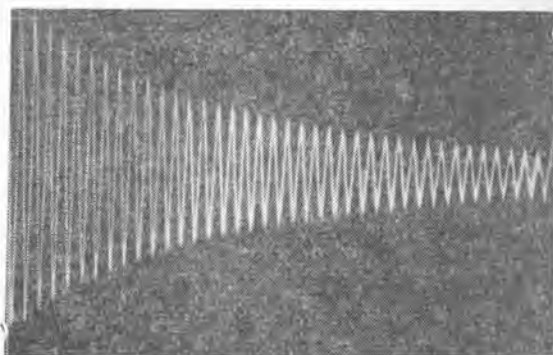


Рис. 1.

При анализе осциллограмм было установлено, что отношение амплитуд колебаний представляет собой геометрическую прогрессию, то есть коэффициент затухания с достаточной для практики точностью можно считать постоянным. На рис. 1 показана осциллограмма затухающих колебаний образца из прессованной березы марки ДПО, а в табл. 1 приведен пример обработки этой осциллограммы статистическими методами.

Таблица 1

Ам- пли- туда	№ ампли- туды									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 A, мм	84,3	78,1	72,2	65,4	61,2	56,7	53,6	48,8	46,1	42,2
$\frac{A_n}{A_{n+1}}$	1,076	1,081	1,101	1,068	1,080	1,060	1,100	1,061	1,090	

Среднее арифметическое  $M = 1,08$ ; среднее квадратическое отклонение  $\sigma = \pm 0,0152$ ; средняя ошибка  $m = \pm 0,005$ ; вариационный коэффициент  $V = 1,4\%$ ; показатель точности  $P = 0,47\%$ .

Статистическая обработка результатов измерений амплитуд, а также вычисления коэффициента затухания показывают, что, принимая этот коэффициент постоянным для всего процесса колебаний (в нашем примере  $\psi = 1,08$ ), мы обеспечиваем достаточную для лесной промышленности надежность эксперимента [2].

Огибающая амплитуд колебаний, затухающих по закону геометрической прогрессии, представляет собой экспоненту и описывается уравнением

$$A = A_0 e^{-nt} \quad (1)$$

или

$$A = A_0 e^{-\frac{\delta t}{T}}, \quad (2)$$

где  $\delta$  — логарифмический декремент затухания колебаний;

$t$  — время;

$T$  — период колебаний.

Этот вид колебаний соответствует случаю, когда демпфирующая сила носит вязкий характер, то есть пропорциональна скорости (гипотеза Кельвина — Фойгта). Для такой упруго-вязкой модели материала принимают эллиптический вид петли гистерезиса, а поглощающие свойства определяют из выражения:

$$\Omega = \alpha A^n + 1, \quad (3)$$

где  $\Omega$  — величина энергии, рассеянной за один цикл;

$A$  — амплитуда деформации;

$\alpha$  — коэффициент, зависящий от материала.

Величины  $A$  и  $\alpha$  определяют по развертке колебаний. В частном случае, когда развертка представляет собой экспоненту, показатель  $n = 1$  [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Л. А. Бяльский. Установка для исследования демпфирующей способности прессованной древесины. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1969. [2]. Н. А. Леонтьев. Техника статистических вычислений. Гослесбумиздат, 1961. [3]. Я. Г. Пановко. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. Физматгиз, 1960. [4]. Применение прессованной древесины на железнодорожном транспорте. Информационное письмо. Вып. III, ДорНТО ЮВЖД. Воронеж, 1964.

## ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 634.0.232.(091)

О РАЗВИТИИ ПРИЕМОВ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ  
В БИЛИМБАЕВСКОЙ ДАЧЕ

М. Н. ЕГОРОВ

Уральский лесотехнический институт

Практика и опыт лесоразведения прошлых лет во многом определяют успех лесокультурного дела настоящего и будущего. К сожалению, сохранились лишь некоторые архивные данные [2], [4], [5] о лесоразведении в Билимбаевской даче. В задачу нашего исследования входят обобщение и анализ всех имеющихся архивных сведений и материалов лесоустройств с 1841 г.

Лесоразведение в даче имеет свою предысторию, свои самобытные методы. Этот вопрос впервые затронут в «Сведениях о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода. 1841—1846» [5], где отмечается, что «...видимый недостаток лесов несколько лет назад побудил уже принять... меры как для естественного, так и для искусственного лесоразведения». До 1841 г. «сеяние» сосны в даче производилось ручной сеялкой Шульца, причем «...работники становились в ряд в 3 шагах один от другого и по команде надсмотрщика «раз, два», сделав дружно 2 шага вперед, вырывали сеялками ямки, нажимали пружины сеялок и всыпали в ямы по несколько семян, а потом по команде «три» тотчас же притаптывали землю. Засим команда начиналась снова и т. д. Такой способ сеяния... представлял весьма важные неудобства, а именно: только на почве не травянистой, умеренно влажной и в сухую погоду посев был удачен, в дождливое же время семена, придавливаемые ногами, прилипали к подошвам работников и... совершенно терялись. Столь же неудачные результаты имел этот способ и на почве травянистой, которой в даче больше всякой другой: ...сделанные сеялками ямки были слишком мелки, ...взошедшие на оных немногие молодки... заглушались окружной травой... Наконец, ...семена, оставаясь обнаженными, были часто истребляемы птицами» [5].

По всем этим причинам, а также в связи с дороговизной устройства и частыми неисправностями сеяльной машины Шульца описанный способ сеяния, наконец, был оставлен, и с 1842 г. посевы сосны начали производить при помощи мотыги.

«При этом работники становятся также на известном расстоянии один от другого в прямой линии и мотыгами по той же команде с большей легкостью и успехом делают ямки в 16 и 25 кв.вершков, сыплют в ямки сии семена и тут же слегка закрывают их руками. В одну ямку высыпается 10 зерен, которые рассыпаются по всей очищенной от дерна поверхности. При этом способе сеяния всходы даже и на травянистой, но умеренно влажной почве удаются лучше, и молодки, не стесняясь в первое время, растут успешные и полные» [5].

С 1839 г. по 1846 г. в даче при помощи сеялки Шульца и мотыги засеяно 229 десятин 1253 кв. сажен, высеяно семян 38 лудов 4 фунта на сумму 2642 руб. ассигнациями.

Приводим результаты опытных посевов сосны, выполненных с помощью мотыг. Весенние на сырой почве, а также на южных крутых склонах посевы были неудачны (в первом случае, вероятно, потому, что семена вымокали, а всходы заглушались высокою травой, во втором потому, что как семена, так и проросшие из них всходы высыхали в весеннее время от перегрева). Весьма удачные всходы весенние и осенние при всех местоположениях, на почве сильно взрыхленной погибали от ранних осенних бесснежных морозов или от поздних весенних. Этого не случилось, когда сдирали только дерн, а слой почвы, на который высыпались семена, оставался невзмотыженным. Весенние посевы на травянистой умеренно влажной почве удавались лучше, чем осенние. Тонкий поверхностный слой на сланцевой подпочве, оголенный задолго до посева, высыхал и оказывался неблагоприятным для прорастания всходов, в особенности на местах открытых и незащищенных. «О посевах дачи вообще можно сказать, что некоторая только часть засеянных пространств покрыта хорошим сосновым подростом, и то для большей части посевов необходимо сильное дополнение» [5].

Плохой результат посевов сосны принудил прибегнуть к разведению «насадкам», которые с 1841 г. по 1845 г. производили в малом размере для опыта, «утверждавшего в той истине, что этот способ разведения сосны в даче есть благонадежнейший



и приличнейший, почему с 1845 г. положено за правило: где позволяют местные обстоятельства, возобновлять сосну насадками» [5]. С тех пор искусственное лесоразведение почти не прекращалось, но интенсивность его была весьма не одинаковой, «то падая до нуля, то достигая размеров нескольких десятин ежегодно с расходом до 2000 р. в год» [4].

Посадки как наиболее надежный способ лесоразведения получили более широкое распространение, причем «схема их совершенствовалась, преследуя цель получения максимального прироста и запаса с единицы площади. В частности, посадки сосны 1889 г. были произведены «при расстояниях между рядами в 3 аршина (2,1 м), в рядах 2 аршина (1,4 м)» [4]. Приводим фотографию обложки плана лесных культур Билимбаевской дачи за 1880—1888 гг.

А. М. Никитин [3], сопоставляя рост естественных древостоев сосны и культур, созданных в разные годы (начиная с 1864 г.), приходит к выводу, что достигнуто резкое увеличение продуктивности посадок «за счет равномерного, преимущественно редкого размещения с числом саженцев на 1 га 1650, 3200 и 5000 шт. при расстояниях между рядами 2,3—3,0 м, а в ряду 1,1—2,0 м».

В настоящее время наибольшее распространение получили рядовые культуры с равномерным размещением посадочных мест против гнездовых посевов, в которых смыкание наступает позже и растения в площадках угнетаются возобновившимися лиственными породами. Проведены исследования по изучению влияния различных способов посадки на успешность роста сосны [1], в результате которых установлено преимущество посадок сосны в обернутый пласт и у кромок борозд в сопоставлении с посадками в дно борозды по ее центру.

Таковы вкратце сведения, позволяющие проследить за развитием приемов и методов лесоразведения в Билимбаевской даче.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. М. Н. Егоров. Опыт изучения влияния различных способов посадки на рост сосны в южной зоне горных лесов Урала. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1971. [2]. Записки бывшего Главного лесничего Шульца о состоянии лесной части Уральских заводов с 1837 по 1857 гг. Свердловский государственный архив, ф. 55, д. 35. [3]. А. М. Никитин. Пути повышения продуктивности лесов в Билимбаевском лесхозе. Сб. «Повышение продуктивности и рациональное использование лесов», УЛТИ, Свердловск,

1967. [4]. Отчет по Билимбаевской даче Билимбаевского лесничества Уральской области Свердловского округа устройства 1924—1925 гг. по 3 разряду инструкции 1914 г. Т. 1. [5]. Сведения о лесах и лесоводстве в даче Билимбаевского завода. 1841—1846 гг. Свердловский государственный архив, ф. 9, д. 247.

## К ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТИЮ ПЕРВОГО ЛЕСНОГО ФОРУМА НА СЕВЕРЕ

Шестьдесят лет назад, с 15 по 25 июля 1912 г., в Архангельске происходило знаменательное событие — XII Всероссийский лесной съезд, созванный Лесным обществом. Со всех концов России на съезд прибыли 226 ученых, лесничих, лесоустроителей и лесопромышленников. Среди них: профессора М. М. Орлов, Н. С. Нестеров, Н. А. Филиппов, И. И. Сурож; преподаватели институтов А. В. Тюрин, Г. М. Турский, позднее ставшие крупными учеными в области лесной таксации; лесничий С. В. Алексеев, впоследствии доктор сельскохозяйственных наук, один из основоположников таежного лесоводства; видные лесничие и лесоустроители — И. С. Войчалъ, Р. X. Гибшман, А. А. Кириллов, С. Г. Нат, А. С. Рожков, П. П. Серебренников, Н. А. Строгальщиков, С. М. Суворов и др.

Председателем съезда единодушно был избран профессор Петербургского лесного института М. М. Орлов, блестяще выполнивший эту почетную и ответственнейшую миссию.

Программа съезда была чрезвычайно насыщена и включала широкий круг сложных вопросов, глубоко затрагивавших все стороны северного лесного хозяйства. Положение лесного хозяйства, лесоустройство, лесное опытное дело, лесная промышленность, рубки и возобновление лесов, лесная типология, смена пород, осушительные мелiorации, отпуск леса, его учет и таксы, технические пороки древесины, экономические проблемы, экспорт лесных товаров и развитие лесной торговли, охрана и защита леса, охотничье хозяйство, подсочка, смолокурение, лесотранспортные пути, лесопиление, организация лесоуправления, лесное образование — таков краткий перечень вопросов съезда. Съезд заслушал и обсудил 21 доклад.

Центральными проблемами съезда были проблемы организации и ведения хозяйства в лесах Севера и разумного использования лесных богатств. Вот темы некоторых докладов: «О положении лесного хозяйства в связи с колонизацией Севера» (А. А. Кириллов), «Эксплуатация лесов Севера» (В. Ф. Ключников), «Меры содействия к подъему лесной промышленности Севера» (В. В. Гувелякен), «Охотничье хозяйство в России и задачи правительственной его организации» (А. А. Силантьев), «О развитии лесной промышленности на Севере» (Н. А. Филиппов), «К устройству Северных лесов» (А. С. Рожков), «О хозяйстве в лесах Севера» и «О типах насаждений и их значении в северном лесном хозяйстве» (П. П. Серебренников). Был также зачитан доклад «Типы и бонитеты» Г. Ф. Морозова, отсутствовавшего на съезде.

XII лесной съезд выработал обширную программу научных исследований и хозяйственного освоения лесов Севера, осуществление которой стало возможным в полной мере только после Великой Октябрьской социалистической революции.

Опубликованные материалы съезда (протоколы, доклады, информации об экскурсиях и др.) и поныне вызывают живой интерес у специалистов лесного дела. Они свидетельствуют о патриотизме, большой и полезной работе наших предшественников, оставивших о себе добрую память и снискавших глубокое уважение потомков.

О. А. Неволин

*Архангельский лесотехнический институт*

Н. А. Фирсонов

*Вологда\**

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## НОВЫЙ УЧЕБНИК ПО ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ\*

В 1971 г. вышла в свет книга проф. М. В. Колесниченко «Лесомелиорация с основами лесоводства», в которой автор обобщил новейшие исследования по защитному лесоразведению на сельскохозяйственных землях. Книга допущена Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования МСХ СССР в качестве учебного пособия для агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов и окажет несомненную помощь студентам в познании основ лесомелиорации. Эта книга представляет интерес и для специалистов: лесоводов, лесомелиораторов. Она содержит систематизированное изложение предмета и насыщена свежим фактическим материалом, изложенным в доступной форме.

В первой главе М. В. Колесниченко рассматривает народнохозяйственное значение лесных мелиораций. Автор справедливо подчеркивает, что кроме главного и лобового пользования лесом имеется еще и третий, лесомелиоративный вид: улучшение водного режима и климата, защита посевов, сельскохозяйственных культур от засухи, железных и автомобильных дорог — от заносов песком и снегом, почвы — от ветровой и водной эрозии, оздоровление и украшение населенных мест и т. д. В книге приводятся убедительные примеры высокой эффективности лесомелиоративных мероприятий в сельском хозяйстве.

В главах II—III даются основные понятия о лесе как о растительном сообществе, о строении насаждений, о типах леса и ведущих закономерностях жизни леса с позиций современных представлений о биогеоценозах и экологических системах. Интересно изложены вопросы соответствия древесных растений друг другу в лесных насаждениях, где раскрываются различные формы взаимных влияний древесных растений в их единстве. Здесь же рассматриваются вопросы естественного изреживания насаждений и подчеркивается, что основные законы жизни леса действуют и в искусственно созданных насаждениях. Теории выращивания лесных культур, в том числе мелиоративных насаждений, посвящена X глава книги. По М. В. Колесниченко, теория лесных культур включает в себя несколько основных положений. Первое — соответствие видового состава и формы лесного насаждения условиям среды, то есть почвам и климату. Это единство предполагает не только механический контакт организма со средой, но и взаимный обмен веществом и энергией. Второе — соответствие видов древесных растений друг другу по их взаимоотношениям при совместном росте в насаждении. Третье — несоответствие друг другу лесных деревьев и степной травянистой растительности. Четвертое — соответствие потребностей лесного насаждения в пространстве, влаге и питательных веществах наличным ресурсам среды. Эти положения автор, правда, разбивает весьма кратко и схематично (уделив несколько большее внимание первым двум). Они заслуживают разработки в самостоятельной книге. Но упоминание о них в рассматриваемом учебном пособии свидетельствует о стремлении автора дать студентам систематизированное и осмысленное представление о тех сложных взаимосвязях, которыми характеризуется лесное насаждение.

Отдельные главы книги посвящены вопросам обоснования создания полезащитных лесных полос (глава IV), водорегулирующих и прибалочных полос (глава V), облесения оврагов и песков (глава VI), озеленения сельских населенных мест (глава VII) и проектирования этих видов насаждений на местности. Агротехника выращивания агролесомелиоративных посадок разных видов изложена в главах IX, XI и XII. Здесь рассматриваются отечественный опыт степного и полезащитного лесоразведения, подбор пород для лесных полос и схемы их сочетаний, технология ухода за почвой в посадках и рубок ухода, а также другие вопросы, связанные с эксплуатацией защитных насаждений.

Специальные главы посвящены выращиванию посадочного материала (глава VIII), рубкам и возобновлению леса (глава XIII), организации лесного хозяйства в лесах колхозов и совхозов (глава XIV).

Книга написана лаконичным литературным языком: при небольшом объеме (15 печ. листов) она содержит большое количество полезной информации. Досадным исключением являются следующие неточности. Параметры защитных насаждений

\* М. В. Колесниченко. Лесомелиорация с основами лесоводства. Изд-во «Колос», М., 1971.



(стр. 7) не соответствуют действующим «Инструктивным указаниям по проектированию и выращиванию защитных насаждений» (изд-во «Колос», М., 1966). Обозначенные номерами 1 и 4 на рис. 1 (стр. 8), размещенные вдоль склона лесные полосы будут только способствовать росту оврага, а не прекращению его. Трудно также согласиться с автором в том, что возраст лесовосстановительных рубок в лесных полосах лесостепи и в массивах этой зоны одинаков (120—140 лет для семенных твердолиственных насаждений). Вопросы возобновления насаждений лесных полос даже в этой благоприятной зоне значительно сложнее (в связи с ранней потерей деревьями порослевой способности, полным отсутствием семенного возобновления дуба, а также неудачами при производстве культур под мологом леса) и не могут быть прямо перенесены из лесных массивов.

Впрочем, эти недостатки не умаляют достоинств книги проф. М. В. Колесниченко. Специалисты и студенты получили хорошее учебное пособие по лесомелиорации.

Е. С. Павловский.

## О КНИГЕ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХОЗЯЙСТВА В ЛЕСАХ ГРЕЦКОГО ОРЕХА»\*

Рецензируемая книга посвящена основным принципам ведения хозяйства в ореховых лесах Южной Киргизии. По мнению автора, в этих уникальных по расположению, площади и значению лесах, не имеющих себе подобных на земном шаре, все хозяйственные мероприятия должны быть направлены на повышение урожайности ореховых древостоев в плодовой хозяйстве, получение плодов и древесины в лесной хозяйстве при сохранении защитных и гидроклиматических свойств на всей площади.

Против такой постановки вопроса возражений не может быть, при условии признания главенства вопросам гидроклиматической и защитной роли ореховых лесов. Поскольку горные леса являются мощным влагонакопителем и наиболее эффективны против эрозии, само их существование возможно до тех пор, пока сохраняются условия для произрастания, то есть комплекс внешних и внутренних факторов, одним из которых является полнота древостоев.

К сожалению, истинные взгляды автора весьма далеки от декларируемой им постановки вопроса. Автор считает, что существующие ныне ореховые леса дряхлы и малопродуктивны, поэтому их необходимо заменить культурами ореха, которые значительно производительнее естественных древостоев. По его мнению, оптимального развития и плодоношения ореховые древостои могут достигать лишь в разреженном состоянии при хорошо сформированных кронах. Однако общеизвестно, что не всякий древостой может быть назван лесом. Под это понятие подпадает лишь древостой, в котором сказывается влияние деревьев друг на друга и окружающую среду, что происходит при определенной полноте самого древостоя. Среди лесогидрологов твердо установилось мнение о большей гидроклиматической роли древостоев высокой полноты. Характерная особенность ореховых древостоев низкой полноты — пониженная полнота по сумме площадей поперечного сечения в сравнении с полнотой по сомкнутости древесного полога вследствие образования широко раскинутых крон, свойственных деревьям более свободного стояния. Все эти положения, правда, не называя своими именами, автор затрагивает в разной степени. Книга построена по принципу диссертационной работы и состоит из аннотации, предисловия, введения, 10 глав текста, заключения, а также приложения и описки литературы.

Учитывая объем журнальной рецензии, приходится опустить первые главы и остановиться на главе IV «Биологические и экологические свойства грецкого ореха». В разделе этой главы «Отношение к влаге» автор сообщает, что экспедицией АН СССР 1944—1946 гг. было обращено внимание на «необходимость сохранения водных свойств почвы при реконструкции лесных массивов», особо подчеркивалась «необходимость осторожного обращения с лесным пологом при всех мероприятиях по уходу за лесом» (стр. 99). Но сам автор счел за необходимость эти рекомендации полностью перечеркнуть, исходя от противного: «...лучшая влагообеспеченность создается для деревьев в насаждениях, изреженных до полноты 0,4 (по сомкнутости крон — Ю. К.), несмотря на увеличение испарения влаги с поверхности почвы» (стр. 101). Основанием для такого вывода послужили наблюдения автора «...в течение вегетационного периода 1965 и 1967 гг.» по изучению влажности почвы «...в 6 точках по трем вариантам опыта: при слабом и интенсивном изреживании древесного полога и на контроле, в культурах 1955 и 1936 гг.» (стр. 99). К сожалению, постановка кратко-

\* Ю. И. Никитинский. Биологические и экологические основы хозяйства в лесах грецкого ореха. ИЛИМ, Фрунзе, 1970.

срочных сезонных наблюдений только за влажностью почвы, на ограниченном числе участков со взятием очень малого числа образцов, без предварительной гидрогеологической разведки территории, недостаточна для уточнения комплекса гидроклиматических условий роста ореха. Автор не ушел, что гидроклиматическая роль леса складывается из влияния лесов на объем годового стока постоянных и временных водотоков, на распределение стока в течение года, смыв почвы, климат прилегающих территорий (при установлении микроклимата под пологом древостоев).

Исследованиями И. Джабарова (1970) в ортогах юго-западного склона Дарвазского хребта установлено, что поверхностный сток и смыв твердого материала в древостоях ореха грецкого с полнотой 0,6 практически отсутствуют, в то время как при полноте 0,3 поверхностный сток колеблется от 16 до 30 м<sup>3</sup>/га, а смыв — от 34 до 139 кг/га.

По наблюдениям на Бостандыкском геоботаническом стационаре (Н. Арипова, Р. С. Верник, К. Талипов, 1968), оптимальные условия для ореха грецкого создаются только в лесной среде. В густом ореховом лесу транспирация на 30—40% меньше, чем в редколесье, что объясняется разницей в режиме солнечной радиации и температуре воздуха.

В свете этих специальных работ надо признать, что теоретического обоснования «необходимости» изреживания ореховых лесов, при одновременном сохранении их защитных свойств, не получилось.

В разделе «Естественное возобновление» автор, ссылаясь на данные лесоустройства 1959—1961 гг., отмечает: «Количественная сторона учета естественного семенного возобновления (табл. 35) свидетельствует о большом возобновительном периоде и неудовлетворительном ходе этого процесса» (стр. 106). Выводы автора из данных лесоустройства, представляющих таблицу распределения самосева и подроста четырех возрастных групп (1—5 лет; 6—10; 11—20; 21 год и старше) по градациям сомкнутости крон для разных классов бонитета (соответствующих определенным типам леса), весьма неожиданны и неверны. А ссылка на соответствующую работу (Цепляев, 1966) неправомочна, поскольку не может быть единой шкалы успешности естественного возобновления для всех твердолиственных пород. Это свидетельствует о пренебрежении биологическими законами перехода самосева в подрост и его последующего вступления в полог разновозрастного орехового древостоя. Подчеркивание же только количественной стороны проведенного лесоустройством учета естественного возобновления говорит о недооценке перехода количества подроста, с повышением возраста и при наличии процесса естественного изреживания, в новое качественное состояние. Кстати, более целесообразно делать ссылку не на лесоустроительные данные, которые не печатаются, а на опубликованную работу\*.

На стр. 108 автор приводит график принципиального значения, якобы свидетельствующий о превосходстве культур над естественными древостоями. По оси абсцисс даны возраст и соответствующий ему запас древесины, а по оси ординат — средняя высота. Автор считает, что график отражает «ход роста по высоте культур, среднего дерева в насаждении, подроста в условиях изреженного насаждения, в окнах, на прогалинах (Прутенский, 1959), подроста в высокобонитетном ореховом лесу (Лебединова, 1958) и запасы ореховых древостоев при полноте 1,0 (Коцарев, 1964)». Но такой график как наглядное отражение хода роста по высоте и запасу приемлем для одного класса бонитета (при одной полноте). В представленном же виде этот график объединяет несопоставимые данные. Автору следовало бы ограничиться данными о высоте и возрасте с указанием класса бонитета или, вместо ссылки на таблицу запасов ореховых древостоев, привлечь данные о ходе роста ореха соответствующего класса бонитета\*\*. Однако в последнем случае запутанный вывод о миним превосходстве культур над естественными ореховыми древостоями становится невозможным. Приводимый пример о якобы лучшем росте культур (стр. 109) приобретает другое смысловое значение, ибо указываемые естественные древостой имеют запас 76 м<sup>3</sup> в возрасте 45 лет во II, 5 классе бонитета (по местной шкале), а культуры имеют такой же запас в 25 лет, но в I классе бонитета (!).

Глава V — «Типы орехового леса» — является кратким конспектом работы\*\*\*, написанной Д. И. Прутенским совместно с автором рецензируемой книги, при привлечении значительного количества материалов Н. С. Лебединовой. Ввиду невозможности полного разбора предложенной типологической схемы, отметим лишь ее главный недостаток — необоснованность самой типологической схемы, поскольку наблюдается разрыв между схемой и натурным выделением типов леса. Поэтому в один тип объединяются разнородные участки и, наоборот, произвольно разделяются однородные. Хорошей иллюстрацией, подтверждающей сказанное, является табл. 19 книги,

\* Лесовыращивание и лесовозобновление. Сб. ЦНИИТЭИлеспрот, 1, 1965.

\*\* Ю. М. Коцарев. Типы ореховых лесов Южной Киргизии. Журн. «Лесное хозяйство» № 8, 1968.

\*\*\* Д. И. Прутенский, Ю. И. Никитинский. Типы ореховых лесов Южной Киргизии. Фрунзе, 1962.

в которой перечислены основные таксационные элементы древостоев пробных площадей по типам леса (стр. 64). Выберем из нее наиболее характерные примеры и расположим типы леса в порядке убывания производительности (по мысли автора), дополнив данные таблицы значением класса бонитета по всеобщей шкале: действительного (по возрасту и высоте) и обусловленного рассматриваемой типологической классификацией (табл. 1).

Таблица 1

Тип леса	Возраст, лет	Высота, м	Класс бонитета	
			действительный	по типологической классификации
Орешник коротконожковый с дополнительным увлажнением	60	21,5	I	I—II
	60	9,9	V	
	60	14,0	III	
Орешник коротконожковый пологих склонов	60	9,4	V	II
Орешник коротконожковый крутых склонов	60	10,2	V	III—IV

В одном и том же типе леса действительная производительность изменяется от I до V класса бонитета. Вместе с тем в трех типах леса, имеющих, якобы, разные условия произрастания, производительность определяется одним V классом бонитета. Все это не соответствует ни отправным положениям данной типологической классификации, ни основным принципам лесной типологии.

В VI и VII главах разбираются вопросы об организации сортового семеноводства и о культурах грецкого ореха. Можно только приветствовать замечание автора о ненужности смещения в культурах ореха грецкого и кустарников. Весьма целесообразно предложение создавать биогруппы при закладке культур.

Интересно предложение автора о выделении перспективных районов культур ореха грецкого в Киргизии, где орех естественно не растет. Однако остается нерешенным и крайне неясным вопрос о возможности ореховых культур (в частности, высокопроизводительных) на территории самого Южнокиргизского управления орехоплодными лесами. В настоящее время в зоне естественного распространения орех растет не сплошь, а мозаично.

В главе «Рубки ухода в культурах грецкого ореха» дается их «теоретическое и биологическое обоснование». Здесь автор, как и ранее, стремится доказать возможность лучшего роста культур в сравнении с естественными древостоями. На рис. 31 дано графическое выражение местной шкалы классов бонитета для ореха грецкого. На этот же график нанесен ход роста по высоте примерно 30-летних культур «в полусомкнутом состоянии в орешнике коротконожковом пологих склонов». Кривая роста культур идет выше верхней границы I класса бонитета, что и подчеркивает автор. Вызывает удивление сравнение роста культур ореха с данными только местной таблицы классов бонитета. На графике не помещены материалы самого автора (табл. 19) по ходу роста естественных древостоев орешника коротконожкового с дополнительным увлажнением. Поскольку в указываемой таблице значения таксационных элементов по интересующей нас пробной площади приведены лишь для 40 и 60 лет, обратимся к упомянутой ранее работе\*.

По материалам автора, полный ход роста будет таким:

Возраст, лет	10	20	30	40	50	60	61
Высота, м	7,6	12,2	15,6	18,6	20,3	21,5	21,7

Несомненно, рост естественного древостоя данной пробной площади интенсивнее роста культур, отраженного на графике.

Как видим, автор не разобрался в исключительных случаях роста культур и естественных древостоев. Осталась непроанализированной возможность непредвиденных случаев быстрого роста, как-то: наличие в почве редкоземельных элементов, искусственное или естественное орошение, частичная или полная смена культур семенного происхождения порослевым древостоем (вследствие различных крайне неблагоприятных внешних условий в начальный период жизни культур), ошибочное принятие взрослых порослевых ореховых древостоев за семенные.

\* Д. И. Прутенский, Ю. И. Никитинский. Типы ореховых лесов Южной Киргизии. Фрунзе, 1962.

Следовательно, выводы автора по поводу более быстрого роста культур в сравнении с естественными древостоями нельзя считать достоверными.

Автор полагает, что в целях повышения урожайности ореховые культуры необходимо воспитывать «в полусомкнутом состоянии при полноте 0,4; не допускается сомкнутость к следующему приему рубок более 0,6» (стр. 185). И, однако, сам же указывает: «В лесных культурах в возрасте 13 и 20 лет изреживание особенно не влияет на изменение плодоношения» (стр. 159). Данных об урожайности редкостойных и высокополнотных культур более старшего возраста, несмотря на ссылку на приложение 7, автор не приводит. Следовательно, нет доказательств повышения урожайности при снижении полноты культур.

Следующая глава знакомит читателя с предлагаемой «Системой рубок в ореховых лесах». Кредо автора — проведение постепенных двухприемных рубок в сочетании с лесными культурами. Как правило, в абсолютно разновозрастных лесах постепенные рубки не проводятся. Но автор не имеет в виду общепринятые постепенные рубки с их целями и задачами. Он считает, что «необходимо по-иному решать задачи повышения продуктивности ореховых лесов и замены старых одряхлевших насаждений здоровыми древостоями» (стр. 168). Фактически автор предлагает в два приема снять весь естественный разновозрастный ореховый древостой (вместе с сопутствующими древесными породами) и заменить его культурами. В первый прием древесный полог изреживается до сомкнутости 0,3 (!). Эти так называемые комбинированные рубки «...должны определяться прежде всего экономическим значением получаемых в последующем насаждений при сохранении ими защитных функций» (стр. 169). Автор не указывает конкретного срока создания будущих «экономически выгодных» древостоев. Но если исходить из лесоводственного критерия, этот срок, видимо, равен 60—100 годам. Надо признать, что срок этот довольно длителен.

Таким образом, автор в несколько завуалированной форме предлагает вести хозяйство только «на плоды» по всей площади ореховых лесов, но не сегодня, а в довольно отдаленном будущем. Учитывая, что при сомкнутости орехового полога 0,3—0,4 полнота по сумме площадей поперечных сечений будет 0,1—0,2, ореховые редины априори признаются наиболее совершенными для повышенного плодоношения. В этом случае не приходится серьезно говорить ни о гидроклиматической и защитной роли ореховых древостоев, ни о повышении их урожайности. С такими предложениями, естественно, согласиться нельзя.

В последней, X главе — «Выращивание здоровых древостоев грецкого ореха» — автор подкрепляет «положительную» сторону создания редкостойных древостоев их якобы меньшей восприимчивостью к гнили, вызываемой щетинистоволосым трутовиком, вследствие формирования у стволов ядра меньших размеров, чем в сомкнутых древостоях с менее развитыми кронами.

Автор изучал формирование ядровой древесины у здоровых и фаутных деревьев, выбиравшихся при рубках ухода в культурах (?!), и на материале обработки методами математической статистики 291 ствола установил, что средний диаметр ядра у здоровых стволов равен 1,51 см, а у больных — 2,72 см. Было сочтено, что «различия в величине ядровой древесины у здоровых и фаутных деревьев существенны». Достоверность различия установлена лишь с чисто статистической точки зрения, но практического значения не имеет, если принимать во внимание абсолютные величины средних. Формально установленную зависимость автор может отнести только к участкам культур, на которых проводились рубки ухода, и лишь к выбиравшейся части, а не ко всем древостоям культурного происхождения. К сожалению, в книге не освещена фактическая фаутность хотя бы древостоев культур.

В заключение отметим, что предложения, изложенные в книге, в отношении редчайшего памятника природы неоправданы.

Ю. М. Кошарев.

В/О «Леспроект»

## ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕИ АКАДЕМИКА  
ИВАНА ДАНИЛОВИЧА ЮРКЕВИЧА

22 июня 1972 г. исполнилось 70 лет заслуженному деятелю науки, академику АН БССР, лауреату Государственной премии СССР, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Ивану Даниловичу Юркевичу.

Иван Данилович Юркевич пользуется заслуженной известностью не только в Белоруссии, его хорошо знают лесоводы, ботаники и геоботаники всего Советского Союза. 45 лет своей жизни И. Д. Юркевич посвятил изучению растительности Белоруссии, разработке теоретических основ ее классификации, повышения продуктивности, рационального использования и охраны, его перу принадлежит около 400 научных работ и статей. Ученики Ивана Даниловича работают во всех уголках нашей Родины.

И. Д. Юркевич родился в деревне Сергеевичи Минской области в семье белорусского крестьянина. Трудовую жизнь после окончания Марьиногорского сельскохозяйственного техникума он начал почти полвека назад помощником, а затем лесничим Пуховичского лесничества. Желание повысить профессиональное мастерство привело молодого лесничего в Белорусскую сельскохозяйственную академию, лесной факультет которой он окончил в 1930 г. Еще студентом Иван Данилович проявлял большой интерес к науке. Ко времени окончания академии им была выполнена первая научная работа «Ирга обыкновенная как подлесок», получившая положительную оценку и напечатанная в 1933 г. в трудах Академии наук БССР.

В студенческие годы Иван Данилович познакомился с В. Н. Сукачевым и с тех пор поддерживал с ним постоянную научную связь, являясь верным последователем его научных концепций.

Закончив академию с рекомендацией на научную работу, И. Д. Юркевич был оставлен аспирантом при кафедре лесоводства, а в 1930 г. переведен в созданный в Гомеле лесотехнический институт преподавателем лесоводства и дендрологии и утвержден аспирантом по лесоведению. По окончании аспирантуры Ивана Даниловича зачисляют ассистентом. К педагогической работе Иван Данилович относился с большой любовью. Характеризуя его как педагога, заведующий кафедрой общего лесоводства и дендрологии проф. И. А. Яхонтов в 1938 г. писал, что «...он сумел подойти к советскому студенчеству и приобрести его симпатии, а это несомненно говорит о наличии у него педагогического такта... Лекции его отличаются содержательностью, ясностью и простотой изложения при полной сохранности научности».

Успешная педагогическая деятельность засвидетельствована присвоением И. Д. Юркевичу ученого звания доцента по лесоводству (1935) и ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук (1937), присвоенной ему Ученым советом Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова под председательством В. Н. Сукачева без защиты диссертации.

Благодаря большому трудолюбию и настойчивости Иван Данилович быстро вырос в крупного исследователя. Способности его проявились еще при выполнении аспирантской научной работы «Дубово-грабовые насаждения южной части БССР», опубликованной в 1933 г. В этой работе впервые для лесов БССР дана классификация грабовых



дубрав с подробным описанием типов леса. С этого времени определились его интересы как лесотиполога. Основное же внимание в исследованиях в довоенный период Иван Данилович уделяет изучению эколого-биологических закономерностей естественного лесовозобновления. Работа «Естественное возобновление в водоохранных лесах Белорусской ССР» (1939) удостоена премии Президиума Республиканского Совета БелНИТОЛес (1941).

В годы Великой Отечественной войны БелНИИЛХ был эвакуирован в Чкаловскую область (Боровую ЛОС). Тематика исследований, проводимых институтом, имела оборонное значение. Разработку ее возглавил И. Д. Юркевич, назначенный заместителем директора по научной работе (1942). По возвращении БелНИИЛХа в Гомель Иван Данилович продолжил исследования эколого-биологических свойств бересклета бородавчатого. В 1948 г. по результатам этих исследований он успешно защищает докторскую диссертацию, а в 1950 г. публикует монографию «Исследование отечественного гуттаперченоса — бересклета бородавчатого». В 1949 г. ему присуждается звание профессора, а в 1951 г. за разработку агротехники выращивания бересклета и методов обогащения его коряей и стеблей гуттой Иван Данилович в числе группы ученых удостоивается звания лауреата Государственной премии СССР.

В Белорусском лесотехническом институте И. Д. Юркевич продолжает работать и после войны. До переезда института в Минск он заведует кафедрой общего лесоводства и дендрологии (1945—1946), затем работает профессором кафедры (1953—1960).

Иван Данилович большой энтузиаст фенологических наблюдений в лесах Белоруссии. За организацию и результаты фенологических исследований в БССР он в 1959 г. награжден Почетной грамотой Президиума Всесоюзного географического общества.

Центральное место в исследованиях И. Д. Юркевича занимают вопросы лесной типологии. Лесотипологические таблицы, разработанные им и опубликованные в 1969 г., широко используются в качестве методического пособия при изучении типов леса и в практике лесоустроительных и лесохозяйственных работ.

В 1953 г. И. Д. Юркевич избирается членом-корреспондентом Академии наук БССР и переходит на работу в Академию сначала заведующим отделом лесоводства, затем директором Института леса АН БССР (1953—1956). В 1956 г. он избирается академиком АН БССР. После объединения Института леса с БелНИИЛХом (1956) Иван Данилович переходит на работу в Институт биологии (ныне Институт экспериментальной ботаники АН БССР), где организует отдел геоботаники, которым руководит и в настоящее время. Одновременно с 1963 по 1967 г. он является директором этого института.

Много внимания И. Д. Юркевич уделяет вопросам охраны природы и рациональному использованию ее ресурсов, распространению научных и политических знаний. Как уже отмечалось, им опубликовано около 400 научных работ и статей, в том числе 9 монографий, некоторые из этих работ изданы за рубежом. За достижения в развитии науки И. Д. Юркевичу в 1968 г. присваивается звание заслуженного деятеля науки Белорусской ССР.

И. Д. Юркевич выполняет большую общественную и общественно-научную работу. Член КПСС с 1927 г., он избирался депутатом Гомельского и Минского горсоветов, членом Гомельского РК КПБ, является председателем Ученого совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Института экспериментальной ботаники АН БССР и членом многих Советов других институтов, членом редколлегии журналов «Доклады АН БССР» и «Лесоведение» (Москва), участвуя в то же время в работе ряда других научных и общественных организаций.

Знания и большой научный опыт Иван Данилович неустанно передает своим ученикам. Сотни инженеров-лесоводов с большой признательностью называют его своим учителем.

Научная деятельность И. Д. Юркевича отмечена двумя орденами Трудового Красного Знамени, медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» и «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина». Иван Данилович семь раз был участником Выставки достижений народного хозяйства, на которой его научные достижения удостоены 4 медалей, в том числе одной золотой. Диплом и почетный золотой знак присуждены ему Польским лесным обществом Польской Академии наук за заслуги в развитии лесной науки.

Большой энтузиаст в науке, неутомимый организатор, скромный, отзывчивый и доброжелательный человек, принципиальный коммунист, воспитатель молодых ученых Иван Данилович Юркевич встречает свой юбилей большими творческими планами в науке.

Все, кто знает Ивана Даниловича, работал и работает с ним, шлют ему теплые слова благодарности и уважения, желают доброго здоровья на многие годы и больших успехов в его благородном труде.

Н. Ф. Ловчий, В. С. Адерихо.

*Институт экспериментальной ботаники АН БССР*

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

П. С. Нартов. О характере резания почвы рабочими органами лесных дисковых орудий	3
П. В. Воропанов. Текущий прирост и общая продуктивность культур дуба в Тульских засеках	7
В. М. Еремин. Особенности анатомического строения коры пихт о. Сахалина	11
Т. Ф. Совершаев. Локализация нуклеиновых кислот и морфогенез репродуктивных органов сосны обыкновенной	14
Э. И. Полубояринов, Г. Н. Некрасова, Г. П. Санников. Качественная характеристика арборицидной древесины в связи с возможным ее использованием	18
Г. Г. Эрская. Микоз восточного майского хруща, вызываемый <i>Beauveria tenella</i> (Delacr.) Siemaszko	22
П. Г. Пугачев. Влияние климатических факторов на динамику годичного прироста лиственницы Сукачева ( <i>Larix Sukaczewii</i> Dylis.) в степном Зауралье	25
В. Д. Рощина. Использование газовой хроматографии в аллелопатических исследованиях	29
П. И. Войчалъ, В. В. Сычев. О влиянии погоды на прирост географических культур сосны	31
И. В. Туркевич, Л. А. Медведев, В. Е. Лебедев. Производительность лесорастительных условий в Полесье УССР	33
М. Е. Васильев, К. С. Джексембаев. Графоаналитический метод определения оптимальных размеров межполосных полей	39

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. Х. Будыка, М. Г. Красник, С. Ф. Рапичук. О составляющих общего сопротивления воды движению плотов	46
Л. И. Малинин. Процесс формирования пыжа из микропучков в потоке	51
Г. К. Ленюк. К вопросу об определении частот малых колебаний лесовозных механических систем	55
Б. П. Евдокимов, В. Н. Шиловский, К. Г. Бек. Обзорные качества трелевочного трактора ТДТ-55	61
Э. А. Слезнева. Исследование физико-механических свойств глинистых грунтов, укрепленных алюмофторфосфатными вяжущими	65
И. И. Слепко. Контактные напряжения в несущих спиральных канатах подвесных лесотранспортных установок	70
Т. А. Гурьев, В. А. Лукина, Б. А. Порядин, Ф. Ф. Болотов. Особенности воднотеплового режима земляного полотна автомобильных дорог в районах Европейского Севера	76

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. Б. Израелит, М. Ш. Пильцер. Исследование прочности древесностружечных плит в зависимости от ориентации частиц	80
К. И. Демьяновский, Э. К. Васильева. Копер для определения ударной прочности рабочей части резцов клиновидной формы	84
А. Д. Голяков. О влиянии некоторых факторов на связь модуля упругости и предела прочности пиломатериалов при изгибе	87
Л. А. Тетерин. Теплообмен при сушке измельченной древесины во взвешенном состоянии	89
Г. П. Мусихин. Размерно-качественная характеристика соснового пиловочного сырья Красноярского Приангарья	93
Л. С. Глухих. Влияние внутренних напряжений на прочность клеевого шва при фанеровании	97
А. И. Яцюк, И. М. Заяц. Влияние зернистости абразивного круга на показатели процесса шлифования древесины сосны	102

Б. П. Ерыхов, Ю. П. Сырников. К вопросу определения вязкости древесины и других твердых тел . . . . .	106
П. М. Григорьев. Использование скопа для производства твердых древесно-волоконистых плит . . . . .	110

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. А. Агроскин, Е. И. Гончаров, Э. Д. Левин, М. К. Шайхатдинова. Тепловые свойства древесины и их изменение в процессе пиролиза . . . . .	113
Л. П. Ажар, Э. Д. Левин, Н. А. Соколова. Антисептические свойства масла, получаемого на основе отстойной лигниновой смолы . . . . .	118
Б. Д. Богомолов, В. А. Пивоварова. О составе углеводов в различных образцах лигноуглеводных комплексов из древесины сосны . . . . .	120
Ю. Д. Юдкевич, С. Я. Коротов, М. А. Хорьков. Гидравлические параметры слоя в шахтных сушильках для древесины . . . . .	123
Л. Г. Хаустова, Г. М. Иоффе, Р. Э. Пен, И. И. Сидорова. Целлюлоза из древесины лиственницы. Исследование, математическое моделирование и оптимизация процесса полисульфидной варки лиственницы . . . . .	125
С. И. Шайдурова, В. Б. Некрасова, Э. И. Ларина, А. Л. Агранат, Л. А. Александров, Э. И. Евстигнеев. Получение очищенного фитостерина. (Производственные опыты) . . . . .	130
Н. К. Чернышева, Ф. А. Медников. К вопросу о получении пастообразного хлорофиллина натрия . . . . .	133

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

И. В. Батин, Е. Н. Рыков. Загрузочное устройство для круглых криволинейных деталей . . . . .	136
Ю. В. Лебедев. К вопросу анализа нижнего склада как системы массового обслуживания . . . . .	140
В. М. Филашов. К расчету накопителей и торцевывравнивателей бревен . . . . .	143

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Г. А. Шмулев, А. П. Петров. Критерий и показатели экономической эффективности поставки технологической щепы на экспорт . . . . .	147
Н. В. Кольченко. Формирование системы расселения в структуре развития комплексных лесопромышленных предприятий . . . . .	150
А. А. Шужмов. Об оценке уровня организации и результативности лесокультурного производства . . . . .	151

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

И. А. Павленко. О подготовке к посеву семян пихты цельнолистной в Приморском крае . . . . .	160
А. И. Патацкас. Аналитический метод определения текущего объемного прироста стоящего дерева . . . . .	161
Л. А. Бялбский. О демпфирующих свойствах прессованной древесины березы . . . . .	163

### ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

М. Н. Егоров. О развитии приемов лесоразведения в Билимбаевской даче . . . . .	165
О. А. Неволин, Н. А. Фирсонов. К шестидесятилетию первого лесного форума на Севере . . . . .	167

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Е. С. Павловский. Новый учебник по лесомелиорации . . . . .	168
Ю. М. Коцарев. О книге «Биологические и экологические основы хозяйства в лесах грецкого ореха» . . . . .	169

### ЮБИЛЕИ

Н. Ф. Ловчий, В. С. Адериго. Юбилей академика Ивана Давыдовича Юркевича . . . . .	173
---	-----



## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

К каждой статье, присылаемой в редакцию, автор должен приложить 2 экземпляра автореферата, без них статьи не будут приниматься редакцией к рассмотрению.

### Требования, предъявляемые к реферату

1. В реферате кратко излагается основное содержание статьи. Реферат должен дать читателю представление о характере освещаемой работы, оригинальности постановки вопроса, методике проведения исследования и его основных результатах.

2. Реферату должно предшествовать библиографическое описание в следующем виде: название статьи, фамилия и инициалы автора, название журнала, где помещается статья. Текст реферата начинается непосредственно с изложения существа работы без повторения заголовка. Форма изложения материала не обязательно должна повторять форму изложения оригинальной статьи.

3. Если оригинал содержит большое количество цифровых данных, их следует обобщить и систематизировать.

4. Средний объем реферата 1,5—2 страницы машинописного текста, отпечатанного через два интервала на белой писчей бумаге обычного формата (30×21) в двух экземплярах с полем 4 см с левой стороны.

5. Таблицы, схемы, графики и пр. могут быть включены в том случае, если они отражают основное содержание работы или сокращают текст реферата. Сообщение о наличии в реферлируемой работе таблиц, схем, графиков, фотографий, карт, рисунков необходимо давать в конце реферата. Например, табл. 2, илл. 10.

6. Формулы приводятся только в том случае, если они необходимы для понимания статьи. Громоздкие математические выражения помещать не следует. Формулу следует вписывать четко, не изменяя принятых в оригинале обозначений величин. Формулы и буквенные обозначения вписываются чернилами черными во второй экземпляр. Вписывание формул и буквенных обозначений, а также исправление замеченных отпечаток в первом экземпляре не делается.

7. В конце реферата в квадратных скобках указывается название учреждения или предприятия, в котором автор реферлируемой работы (если эти данные приводятся в статье) провел работу. Подпись автора и дату написания реферата следует ставить в левом нижнем углу на обоих экземплярах реферата.

Таблица 2

Бревна	Сорт по ГОСТу 9463-60	Количество учтенных бревен, шт. %	Встречаемость основных сортообразующих пороков, %							Количество бревен, %		
			сучков	трещин	гнилей	кривизны	сухобокости	механических повреждений	прочих	без сортообразующих пороков	по диаметру	
Комлевые	I	$\frac{322}{33,4}$	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—
	II	$\frac{409}{42,3}$	28,1	7,3	1,5	15,4	8,1	2,4	4,2	—	33	
	III	$\frac{42}{4,3}$	14,3	—	—	54,7	26,2	2,4	2,4	—	—	
	IV	$\frac{193}{20,0}$	1,0	12,4	24,4	6,7	31,1	15,0	9,4	—	—	
	Всего	$\frac{966}{100}$	12,7	5,6	5,5	10,1	10,8	4,2	3,7	33,5	13,9	
В % от общего числа бревен с данным пороком			9,4	76,1	59,5	71,5	60,8	58,8	69,2	73,7	61,2	
Срединные	I	$\frac{119}{9,6}$	—	—	—	—	—	—	—	100	—	
	II	$\frac{652}{54,0}$	81	0,9	—	2,0	1,8	0,5	0,6	—	13,2	
	III	$\frac{255}{21,1}$	92,2	—	—	2,7	2,4	0,8	2,0	—	—	
	IV	$\frac{185}{15,3}$	34,6	6,0	18,4	3,8	23,2	10,8	3,2	—	—	
	Всего	$\frac{1211}{100}$	68,5	1,4	2,8	2,2	5,0	2,0	1,4	9,6	7,1	
В % от общего числа бревен с данным пороком			61,1	23,9	38,2	19,7	35,6	36,8	28,8	26,3	38,8	
Вершинные	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	II	$\frac{30}{6,4}$	100	—	—	—	—	—	—	—	—	
	III	$\frac{170}{40,3}$	97	—	—	3,0	—	—	—	—	—	
	IV	$\frac{225}{53,3}$	91,5	—	0,9	3,1	2,7	1,3	0,4	—	—	
	Всего	$\frac{425}{100}$	94,5	—	0,5	2,8	1,4	0,7	0,2	—	—	
В % от общего числа бревен с данным пороком			29,5	—	2,3	8,8	3,6	4,4	2,0	—	—	
Все	I	$\frac{441}{17,0}$	—	—	—	—	—	—	—	100	—	
	II	$\frac{1091}{41,9}$	61,7	3,3	0,6	7,0	4,1	1,2	1,9	—	20,3	
	III	$\frac{467}{17,9}$	87,0	—	—	7,5	3,6	0,6	1,3	—	—	
	VI	$\frac{60,3}{23,2}$	45,0	5,8	13,8	4,5	18,1	8,6	4,2	—	—	
	Всего	$\frac{2602}{100}$	52,1	2,7	3,4	5,3	6,6	2,6	2,0	16,9	8,5	
В % от общего числа бревен с данным пороком			100	100	100	100	100	100	100	100	100	

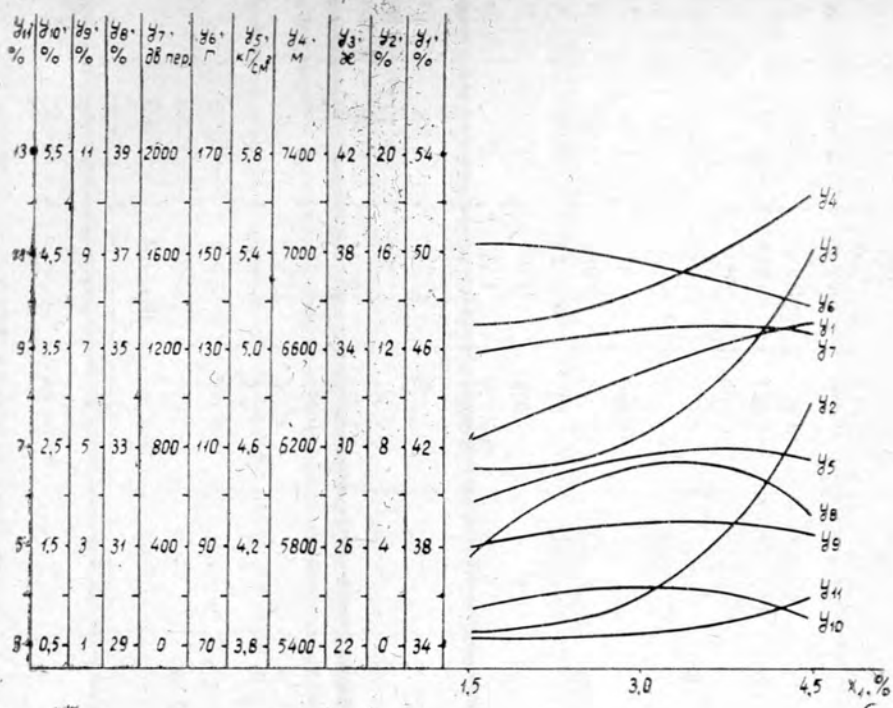


Рис. 1.

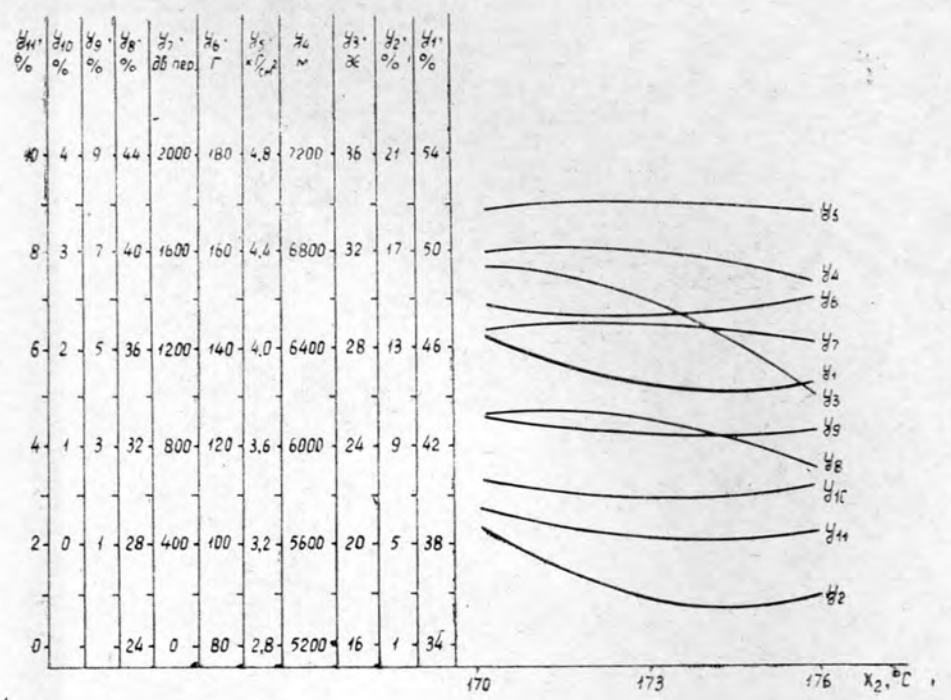


Рис. 2.

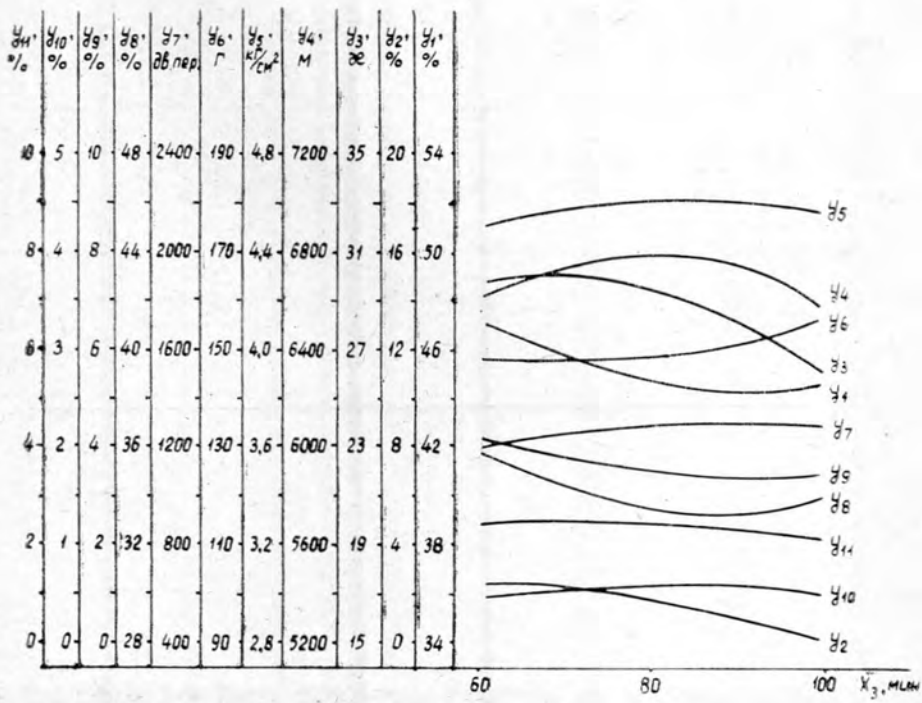


Рис. 3.

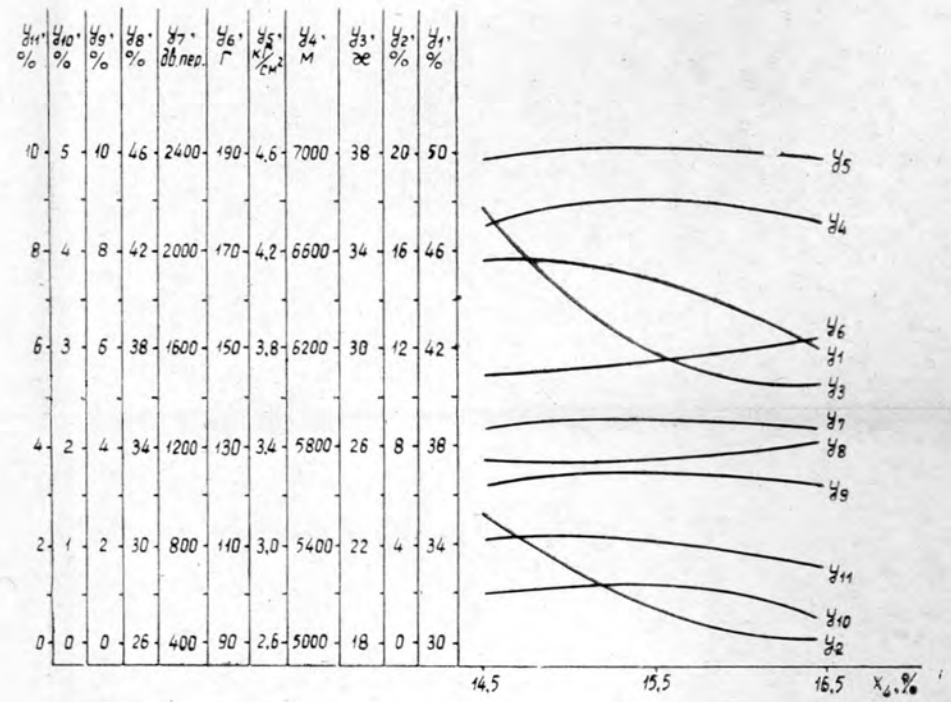


Рис. 4.

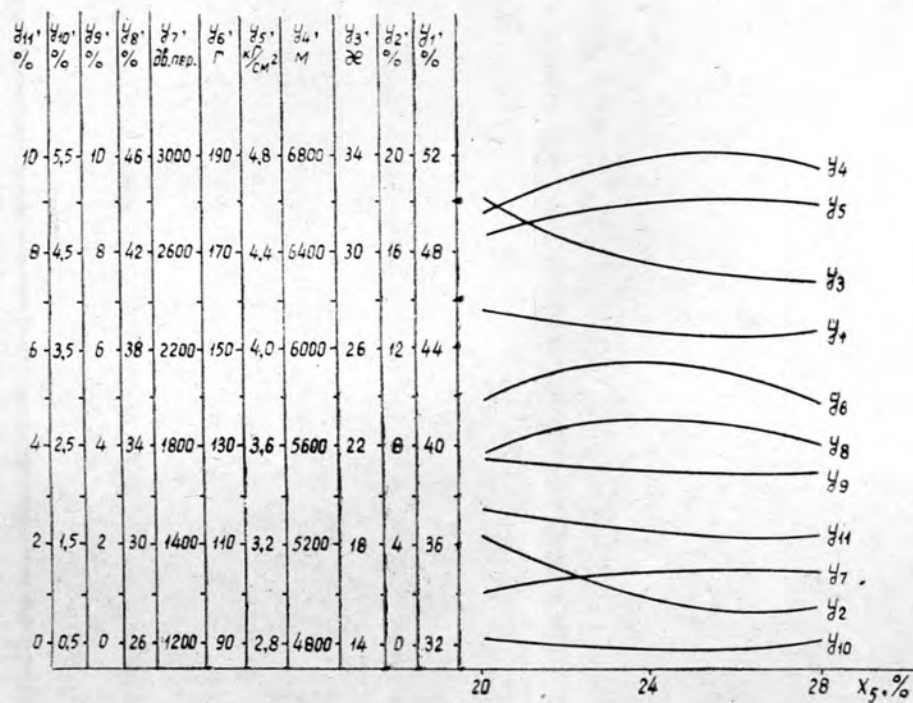


Рис. 5.

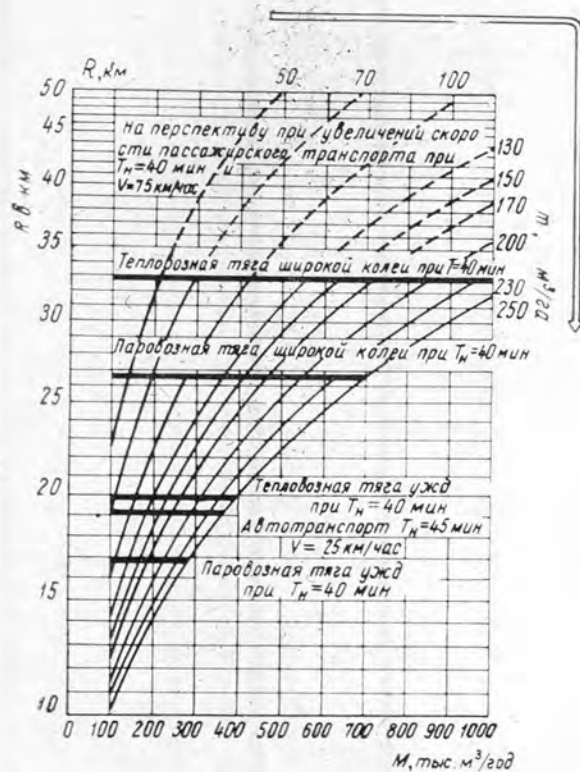


Рис. 1. Номограмма определения наибольшей величины главного радиуса расселения при  $t = 80$  лет.

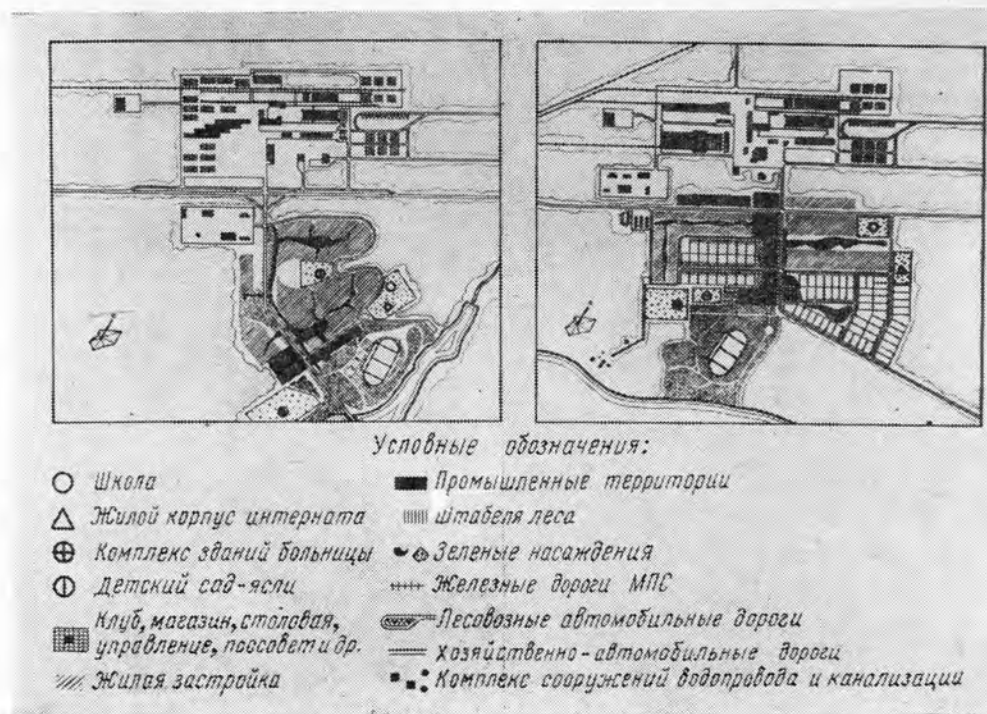


Рис. 2. Предложения по планировке промышленных территорий и поселков с комплексным развитием лесопромышленных предприятий грузооборотом 500 и 300 тыс. м³/год.



Рис. 3. Формирование систем расселения в структуре развития комплексных лесопромышленных предприятий на территории лесозаготовительного района (1970 г.).

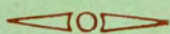


05  
И 332

МИНИСТЕРСТВО

ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



Цена 1 руб.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1972 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

Индекс 70368

«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 высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».