

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ШЕСТОЙ.

3

1963

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство и о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей лесных вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических и лесохозяйственных институтов.

Выходит 6 раз в год.

Адрес редакции: Архангельск, набережная В. И. Ленина, 17.  
Лесотехнический институт, тел. 4-13-37.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

## О ПОКАЗАТЕЛЯХ СРЕДНЕГО ДЕРЕВА ДРЕВОСТОЯ

**М. Л. ДВОРЕЦКИЙ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

(Поволжский лесотехнический институт)

Общеизвестно, что дерево, среднее по площади сечения для стволов древостоя, считается в то же время средним по высоте, форме, объему и объемному приросту этих стволов (однако в старых древостоях средняя величина объемного прироста находится в смежной, более толстой ступени диаметров). Диаметр такого дерева принято называть таксационным; определяется он как диаметр круга, соответствующий данной средней площади сечения. С точки зрения математической статистики полученный таким путем диаметр является средним квадратическим; он может быть вычислен по формуле

$$d_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 n_i}{n}},$$

где  $d_i$  — значение ступени толщины;  
 $n_i$  — число стволов в соответствующей ступени толщины;  
 $n$  — общее число стволов всех ступеней.

Среднюю высоту древостоя можно установить по графику как соответствующую значению таксационного диаметра. Это по существу правильно. Однако почему-то считается, что лучше ее вычислять как среднюю из выравненных высот ступеней толщины, взвешенных по суммам площадей сечений, то есть по формуле Лорea

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_i g_i}{\sum g_i},$$

где  $h_i$  — графически выравненная средняя высота ступени толщины;  
 $g_i$  — сумма площадей сечений соответствующей ступени толщины;  
 $\sum g_i$  — общая сумма площадей сечения деревьев всех ступеней толщины элемента леса, для которых установлены средние высоты.

Но такой метод не увязан с методом определения таксационного диаметра. Средняя высота, найденная по формуле Лорea, должна соответствовать среднему диаметру стволов древостоя, вычисленному тем же приемом, — взвешенному по суммам площадей сечений ступеней толщины,

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum d_i g_i}{\sum g_i},$$

где  $d_i$  — значение диаметра соответствующей ступени толщины.

Однако подобный средний диаметр не имеет практического значения, так как ему не соответствует ни один средний показатель древостоя, кроме лореевской средней высоты.

Средний взвешенный диаметр больше среднего квадратического (таксационного) так же, как и средняя лореевская высота больше высоты среднего дерева. Если рассуждать теоретически, то она не нужна.

В лесной таксации известна еще средняя арифметическая высота, взвешенная по числу стволов; она, естественно, соответствует среднему арифметическому диаметру, вычисленному тем же способом. Последнему в древостое не соответствует ни один показатель таксационного среднего дерева. В то же время указанные средние арифметические величины широко используют в математической статистике для целей статистического анализа. Связь таких парных средних значений устанавливают при помощи линейного корреляционного уравнения вида

$$h = h_{\text{cp}} + r \frac{\sigma_h}{\sigma_d} (d - d_{\text{cp}})$$

или проще

$$h = h_{\text{cp}} + \frac{\sigma_h}{\sigma_d} (d - d_{\text{cp}}),$$

в которых  $h_{\text{cp}}$  и  $d_{\text{cp}}$  — средние арифметические высоты и диаметры, взвешенные по числу стволов;

$\sigma_h$  и  $\sigma_d$  — средние квадратические отклонения соответственно высот и диаметров стволов древостоя;

$r$  — показатель тесноты связи между диаметрами и высотами (коэффициент корреляции).

После подстановки конкретных значений соответствующих показателей, принятых за независимую величину, уравнение приобретает простой вид ( $h = ad + b$ ), в котором параметры  $a$  и  $b$  характеризуются конкретными числовыми величинами. Заменяя  $d$  его средним значением, получим соответствующее ему среднее значение  $h$ .

Для уточнения вопроса о способе вычисления средней высоты древостоя, по данным сплошных обмеров диаметров и высот на девяти пробных площадях, заложенных с сосняках I—II классов бонитета, средних полнот, разных возрастов (1709 стволов) и на трех пробных площадях, заложенных в 55-, 60- и 63-летнем ельнике (609 стволов), были вычислены:

1) средние диаметры в трех вариантах: средние арифметические и средние квадратические (таксационные), взвешенные по числу стволов, и средние арифметические, взвешенные по суммам площадей сечений ступеней толщины;

2) средние высоты в двух вариантах: средние арифметические, взвешенные по числу стволов и суммам площадей сечений; кроме этого, для каждого варианта вычисления средних диаметров были установлены средние высоты: а) по графику соотношений диаметров и высот;

б) по корреляционному уравнению вида  $h = h_{\text{cp}} + \frac{\sigma_h}{\sigma_d} (d - d_{\text{cp}})$ ;

в) по уравнению параболы второго порядка, вычисленному способом наименьших квадратов ( $h = ad^2 + bd + c$ ).

Средние высоты, найденные по уравнениям параболы и по графику, одинаковы, поэтому в дальнейшем результаты первого наиболее трудоемкого способа не приводятся.

Значения средних диаметров сосны, полученные разными способами, и соответствующих им средних высот сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ проб средний возраст, лет	Способы нахождения <i>d</i> и <i>h</i>	Число обме- ренных стволов	Средние арифметические		Средние квадратичские		Взвешенные по <i>g</i>	
			<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>
Сосна								
XIV 16	Вычисление	268	4,0	4,0	4,6	—	5,1	4,8
	По графику	—	—	4,1	—	4,4	—	4,9
	По уравнению	—	—	4,0	—	4,3	—	5,1
III 26	Вычисление	209	10,4	8,3	11,0	—	12,4	9,1
	По графику	—	—	8,6	—	8,7	—	9,1
	По уравнению	—	—	8,3	—	8,5	—	9,2
VI 45	Вычисление	165	15,6	15,4	16,6	—	20,1	17,7
	По графику	—	—	16,2	—	16,8	—	18,3
	По уравнению	—	—	15,4	—	16,0	—	18,4
VI 60	Вычисление	160	17,6	19,7	18,5	—	20,4	20,8
	По графику	—	—	20,0	—	20,4	—	21,1
	По уравнению	—	—	19,7	—	20,6	—	20,9
II 64	Вычисление	196	22,4	19,3	24,0	—	27,4	21,1
	По графику	—	—	19,9	—	20,8	—	22,3
	По уравнению	—	—	19,3	—	20,3	—	22,9
V 70	Вычисление	178	29,2	21,2	29,8	—	32,6	22,2
	По графику	—	—	21,6	—	21,7	—	22,2
	По уравнению	—	—	21,2	—	21,6	—	23,3
VII 81	Вычисление	203	26,5	22,3	27,3	—	28,5	23,7
	По графику	—	—	23,4	—	23,5	—	23,6
	По уравнению	—	—	22,3	—	22,6	—	23,6
I 155	Вычисление	130	39,4	29,4	40,7	—	44,7	30,3
	По графику	—	—	30,2	—	30,4	—	30,8
	По уравнению	—	—	29,4	—	29,9	—	31,4
XII 162	Вычисление	200	31,6	26,3	32,7	—	35,7	27,3
	По графику	—	—	26,7	—	26,9	—	27,2
	По уравнению	—	—	26,3	—	26,6	—	27,7
Ель								
XI 55	Вычисление	192	21,6	18,7	22,6	—	25,1	20,1
	По графику	—	—	18,8	—	19,2	—	20,2
	По уравнению	—	—	18,6	—	19,2	—	20,6
VIII 60	Вычисление	163	21,6	18,8	22,4	—	24,6	20,2
	По графику	—	—	19,1	—	19,4	—	20,1
	По уравнению	—	—	18,8	—	19,3	—	20,3
IX 63	Вычисление	254	18,6	17,0	19,6	—	22,6	19,0
	По графику	—	—	17,8	—	18,2	—	19,1
	По уравнению	—	—	17,0	—	17,6	—	19,3

Из анализа табл. 1 вытекают такие положения.

1) Высоты, взятые с графика для средних арифметических диаметров, систематически несколько больше средних арифметических вы-

Таблица 2

№ проб	Распределение по таксономическим признакам	Процент числа стволов по относительным ступеням диаметров и высот													Возраст, лет	Мода в ступенях				
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6			1,7	1,8	1,9	2,0
III	d	—	—	10,0	11,5	12,2	12,2	11,5	10,3	9,0	7,4	6,3	4,3	2,7	1,4	0,8	0,6	—	26	0,77
IV	h	—	7,4	3,0	7,2	11,2	11,8	20,9	16,9	16,0	4,2	1,7	—	—	—	—	—	—	45	0,90
VI	h	2,5	4,6	9,5	10,8	13,3	15,4	12,7	8,4	6,6	4,9	4,5	4,3	3,7	3,1	2,5	1,6	1,0	—	0,87
VI	d	—	4,9	8,9	11,1	11,3	10,6	10,4	10,3	9,5	8,4	7,1	5,1	2,4	—	—	—	—	60	1,10
II	h	—	—	1,0	6,3	12,1	17,2	21,3	25,7	14,5	1,9	—	—	—	—	—	—	—	64	0,80
II	d	4,4	7,6	8,2	8,3	8,8	9,7	9,3	9,1	8,8	7,6	7,6	5,9	3,2	—	—	—	—	—	1,14
V	h	—	2,4	9,8	7,3	11,8	10,8	12,3	16,7	20,6	7,3	1,0	—	—	—	—	—	—	80	0,90
V	d	1,5	4,1	5,2	4,5	8,2	13,1	17,3	19,2	14,2	9,4	2,6	0,7	—	—	—	—	—	—	1,22
VII	h	—	1,6	2,7	3,2	5,4	21,4	28,9	27,8	8,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1,09
VII	d	—	—	2,0	3,6	5,7	11,7	16,3	11,4	8,5	1,0	5,7	2,1	1,4	1,0	—	—	—	81	1,04
I	h	0,5	1,2	2,2	1,2	3,3	16,5	27,5	36,0	11,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	155	0,90
I	d	—	4,1	2,6	10,3	11,4	11,8	16,4	20,3	12,4	6,2	4,5	—	—	—	—	—	—	—	1,11
II	h	—	—	1,6	1,6	4,8	12,7	39,7	31,7	7,9	—	—	—	—	—	—	—	—	155	1,08
II	d	—	—	6,0	9,5	12,9	12,9	17,7	15,9	6,5	5,6	4,3	2,6	1,7	1,0	—	—	—	162	1,04
II	h	—	0,5	1,2	9,9	13,5	13,6	18,5	16,3	11,2	6,3	4,5	2,7	1,8	—	—	—	—	—	1,01
XI	d	—	3,5	7,0	9,7	12,3	13,4	12,9	11,8	9,7	7,5	4,6	3,0	2,4	1,1	0,8	0,3	—	55	0,92
VIII	h	—	0,5	1,9	5,7	11,9	20,0	25,6	19,6	12,4	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	1,06
VIII	d	—	3,5	7,6	10,2	12,5	14,6	13,6	12,3	9,9	7,6	4,1	2,3	1,8	—	—	—	—	60	0,92
IX	h	—	0,5	1,5	4,9	12,2	20,6	26,5	19,7	11,7	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	1,06
IX	d	4,3	4,1	6,8	8,9	11,8	12,5	11,5	10,5	8,2	6,0	4,8	3,8	3,1	2,1	1,4	0,5	—	63	0,87
IX	h	—	3,3	4,1	7,9	7,9	11,6	17,8	21,6	16,6	9,2	—	—	—	—	—	—	—	—	1,09

Сосна

Ель

сот (на 0,1—0,3 м); но для древостоев пробных площадей IV, II, VII, I (сосна) и IX (ель) это превышение колебалось от 0,6 до 1,1 м. Этим был поставлен под сомнение графический способ.

2) Средние высоты, взвешенные по суммам площадей сечений ступеней толщины, систематически больше высот, взятых с графика по таксационному (среднему квадратическому) диаметру: а) для 16-летнего сосняка на +9,1%; б) для древостоев сосны и ели от 26 до 64 лет — от +2,0 до +5,2%; средний квадратический процент расхождения составил  $\pm 4,1\%$ ; для трех древостоев сосны в возрасте от 80 до 162 лет — на 0,9—2,3%, и для 155-летнего древостоя — на 0,3% меньше.

3) Средние высоты, взвешенные по суммам площадей сечений ступеней толщины и взятые с графика для средних диаметров, взвешенных по суммам площадей сечений, практически одинаковы; лишь для трех пробных площадей расхождения достигали 0;5—0,7 м.

4) Средние высоты, взятые по графику для средних диаметров, взвешенных по суммам площадей сечений, больше, чем соответствующие средним квадратическим диаметрам. Расхождение может достигать в древостоях более молодых — в возрасте от 26 до 64 лет — 1 и даже 1,5 м, а в более старых +0,5 м.

5) Средние высоты, вычисленные по корреляционному уравнению путем подстановки в последнее таксационного диаметра, близко совпадают со средними высотами на графике, расхождение обычно равняется 0,2—0,3 м. Лишь для отмеченных выше четырех сосновых древостоев (пробы IV, II, VII, I) и одного елового (проба IX) разница в средних высотах составила 0,5—1 м.

6) Средние арифметические диаметры, взвешенные по суммам площадей сечений ступеней толщины, систематически больше средних квадратических (таксационных) на 3—4 см, или от 9—10 до 15%, а на пробе IV даже на 21%; среднее квадратическое превышение равно +12,2%, а систематическое +10,6%.

Средние арифметические диаметры, взвешенные по числу стволов, как известно, меньше таксационных, и при средних диаметрах от 15 до 40 см расхождение составляет от 0,6 до 1,8 см.

Возникает вопрос, чем обусловливается разрыв в значениях средней арифметической высоты, вычисленной и взятой по графику (по среднему арифметическому диаметру).

В целях получения ответа на этот вопрос, для всех пробных площадей было вычислено процентное распределение деревьев по относительным ступеням средних (арифметических) диаметра и высоты. Результаты приводятся в табл. 2, в которой дополнительно указано, в какой относительной ступени находится вершина (мода) кривой распределения по диаметру и высоте.

Из рис. 1\* видно, что кривые распределения деревьев сосны по относительным ступеням высот все (кроме 26-летнего древостоя) в той или иной степени скошены вправо.

Из анализа показателей табл. 2 можно заметить, что, как правило, наибольшие частоты (проценты числа стволов) кривой распределения как по диаметру, так и по высоте находятся в смежных ступенях (по диаметру левее, по высоте — правее). Однако для древостоев пробных площадей IV, II, VII и IX расстояния между указанными точками достигают трех относительных ступеней и более; вершины кривых распределения по диаметру и высоте находятся по разные стороны от отно-

\* Рис. 1 и 2 построены по исходным данным обычного перечета с перечислением абсолютных значений ступеней диаметров и высот в относительные.

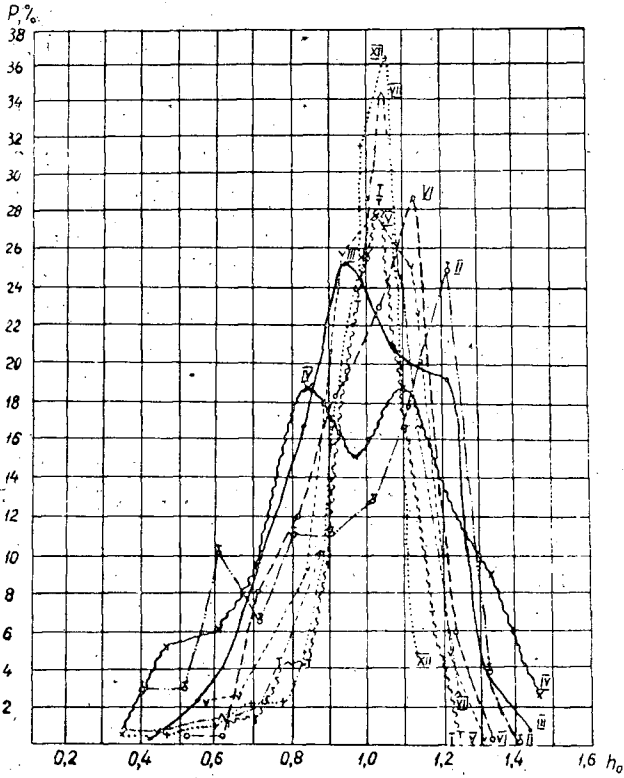


Рис. 1. Процентное распределение деревьев в сосняке-брусничнике по относительным ступеням средней арифметической высоты. Римскими цифрами обозначены номера пробных площадей.

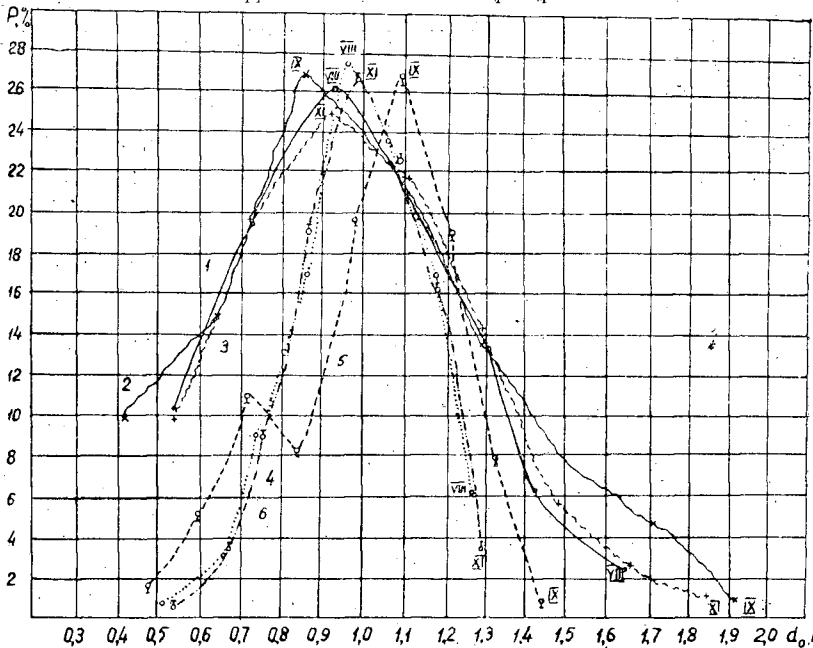


Рис. 2. Процентное распределение деревьев в 55-, 60- и 63-летних ельниках по относительным ступеням средних арифметических диаметров (1, 2, 3) и высот (4, 5, 6). Римскими цифрами обозначены номера пробных площадей.



сительной ступени 1,0. Это наглядно видно из рис. 2. Вершины кривых распределения деревьев по относительным ступеням средних диаметров и высот находятся в разных ступенях (для пробы IX разница составляет 2,5 ступени). Эта несогласованность привела к несоответствию в значениях средних высот, полученных вычислительным и графическим способами. На пробе I (табл. 2) несогласованность в строении древостоя обусловлена тем, что в самой высокой ступени толщины вместо 1—2 оказалось 9 деревьев, сдвинувших средний диаметр вправо.

Разность средних высот, полученных графически по среднему и таксационному диаметрам, близка к разности высот, вычисленных по корреляционному уравнению путем подстановки среднего арифметического и таксационного диаметров (расхождение не превышает 0,5 м). Это обстоятельство позволяет считать общим способ определения средней высоты по корреляционному уравнению (путем подстановки в него таксационного диаметра), а общепринятый графический способ — частным, зависящим от степени согласованности распределения деревьев по высотам и диаметрам.

Возможен и такой общий прием для точных работ: 1) вычислить средние арифметические, взвешенные по числу стволов, диаметр и высоту; 2) по полученному диаметру с графика высот взять отсчет высоты и уменьшить его на вычисленное значение средней высоты; 3) найденную разность (если она более 0,4 м) вычесть из значения средней высоты, полученной по графику для таксационного диаметра.

Для характеристики среднего (таксационного) дерева древостоя средние значения разных показателей целесообразно вычислять так же, как и среднюю высоту — по соответствующему корреляционному уравнению или же, за невозможностью составления последнего, графически.

Необходимость правильного и однообразного определения средней высоты древостоя, обеспечивающей сопоставимость разных древостоев, вытекает также из того, что средняя высота применяется для установления некоторых показателей древостоя, например, запаса, класса богатства, видового числа ( $F = V - GH$ ), предопределяя их сравнимость.

Поступила в редакцию  
3 декабря 1962 г.

## КРУГОВЫЕ ПИТОМНИКИ В ИНТЕНСИВНОМ ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Ф. СИМАНЧИК, И. ТОМАШКО**

Инженеры

(Чехословацкая академия наук)

Лесные питомники круговой формы испытаны и применяются в некоторых местах Чехословакии. Они позволяют в высокой степени использовать механизмы и выгодные биологические особенности, а также правильное затенение семян и саженцев окружающим древостоем и островом леса внутри питомника (рис. 1, 2). Возможности использования круговых питомников, кроме климатических условий, в значительной степени зависят от вида или характера местности и интенсивности лесного хозяйства.

Древостой снаружи и внутри питомника, кроме затеняющего действия, улучшают микроклиматические условия и влияют на направление ветра. Под прямыми солнечными лучами такой питомник находится лишь незначительное время. В связи с этим почва становится более влажной, а относительная влажность воздуха приближается к условиям древостоя, что очень хорошо сказывается на подготовке семян к посадке.

Самым важным фактором при выборе места питомника является здоровое состояние окружающих древостоя и острова леса. В целях исключения корневой конкуренции с того и другого края питомника выкапывают изоляционные канавы глубиной 40—60 см. Они же защищают питомник от грибных инфекций и проникновения вредителей.

Внешняя граница питомника отделена от леса забором. Гряды и грядки расположены по кругу и соединены дорожками. На острове леса размещены дача, снеговые ямы и компостные кучи. Его можно использовать одновременно как вспомогательную площадь. Отдельные части продуктивной площади обозначаются по странам света по квадрантам, ось симметрии которых составляет угол  $45^\circ$  к направлению С—Ю и В—З.

Конфигурация продуктивной площади позволяет механизмам без остановки двигаться по кругу. По сравнению с квадратным, круговой питомник при той же площади имеет меньший периметр. Следовательно, экономятся средства, необходимые для устройства ограды. Если мы хотим заложить питомник большей площадью и меньшего периметра, чем у квадратного, то нужно соблюдать условие

$$\frac{a}{\sqrt{\pi}} < r < \frac{2a}{\pi},$$



Рис. 1. Вид кругового питомника и острова леса.



Рис. 2. Влияние разного затенения на исчезновение снега в питомнике. Вид с юга.

где  $a$  — сторона квадратного питомника;  
 $r$  — радиус кругового питомника.

При  $a = 100$  м,  $r = 60$  м. В этом случае экономия при построении ограды составляет 11,5%, а площадь увеличивается на 21,5% (на этой площади можно создать остров леса, которого в наших условиях достаточно для затенения посевных гряд).

Затенение окружающим древостоем является одной из важнейших положительных биологических особенностей кругового питомника; поэтому необходимо знать продолжительность и характер затенения.

Для определения затенения вычисляют длину тени  $d$  по положению Солнца относительно Земли (для Чехословакии — 50 параллель) по зависимости

$$d = \frac{v}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где  $v$  — высота дерева;

$\alpha$  — угол падения солнечных лучей на горизонтальную плоскость.

Если это отношение применить для поверхности земли с величиной склона  $\varphi$ , то

$$d = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\sin(\alpha - \varphi)}.$$

Если  $\alpha$  не более  $6^\circ$ , то разница длины теней относительно мала и ее можно считать постоянной, а поверхность питомника — горизонтальной.

Круговой питомник, размеры которого хорошо подобраны, достаточно затенен окружающим древостоем, и сеянцы не нуждаются в искусственных средствах затенения.

Табл. 1 показывает размеры кругового питомника в зависимости от высоты древостоя при соблюдении уже приведенных условий. Длина тени вычисляется для мая, когда прорастают семена и затенение наиболее необходимо.

Таблица I

Размеры, м	Высота древостоя, м														
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Радиус питомника	13,5	16	20	21,5	25	29	31	34,5	36	40	43,5	45,5	47	50	53
Радиус острова леса	6	7	9	9,5	11	13	14	15,5	16	18	19,5	20,5	21	22	23
Ширина продуктивной площади	7,5	9	11	12	14	16	17	19	20	22	24	25	26	28	30

Затенение кругового питомника от 10 до 15 часов 11 мая древостоем высотой 26 м показано на рис. 3. Практически таким образом невозможно разделить питомник. Поэтому выделяем три главные части (рис. 4) так, чтобы они хотя бы приблизительно отвечали требованиям пород к свету и чтобы можно было использовать механизмы. Отдельные части продуктивной площади имеют разное освещение, поэтому древесные породы нужно размещать в зависимости от их светолюбия. Эти части следующие: 1) — площади, большая часть которых затенена в течение 5—6 час (26%); 2) — площади, затененные 3—4 час (53%); 3) — площади, затененные 1—2 час (19%). Совсем незатененную часть можно исключить правильной организацией питомника.

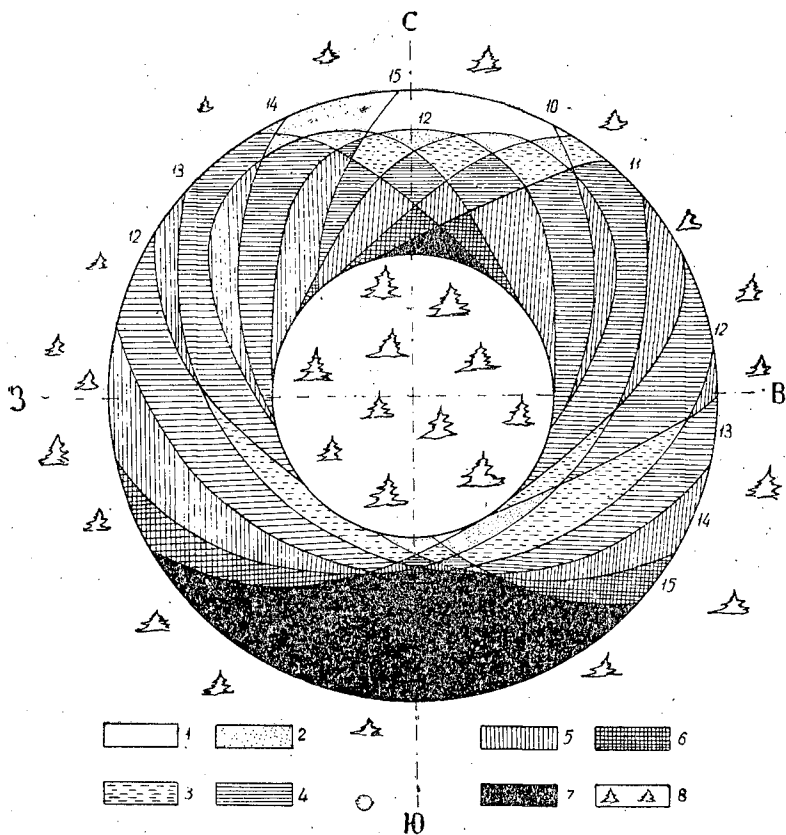


Рис. 3. 1 — затенение отсутствует; 2 — затенение 1 час; 3 — 2 час; 4 — 3 час; 5 — 4 час; 6 — 5 час; 7 — 6 час; 8 — затенение на протяжении всего периода.

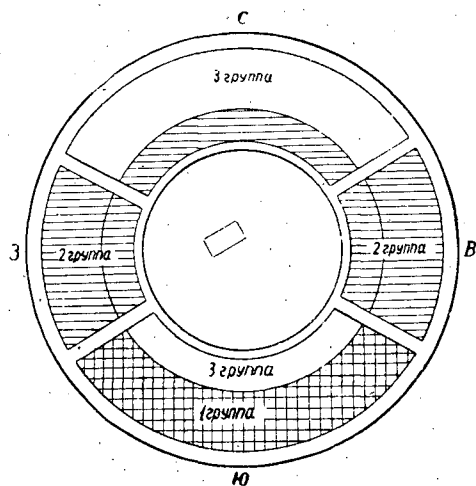


Рис. 4. Предлагаемая организация кругового питомника. Площадь питомника — 5024 м<sup>2</sup>, острова леса — 1080 м<sup>2</sup>, продуктивная — 3208 м<sup>2</sup>, дорог — 736 м<sup>2</sup> (14,6%). Ширина дорог по внешнему краю питомника и соединяющих — 2,5 м, около острова леса — 1 м.

На площадях первой группы нужно разводить породы, которые возобновляются только под защитой маточного древостоя; второй — то же и возле древостоя; третьей — возобновляющиеся вне маточного древостоя. При посевах надо иметь в виду, в каких условиях будут расти культуры в дальнейшем.

Предлагаемое разделение площади отвечает также данным микроклиматического исследования. Наиболее затененные части имеют самую высокую влажность и самые низкие температуры, наименее затененные — большие температуры почвы и испарение и низкую влажность.

При проведении дорог, помимо возможностей механизации, необходимо учитывать степень затенения и влажность.

Нами рассмотрены следующие четыре типа организации питомника.

1 — через остров леса проходит широкая дорога, что облегчает механизацию работ. Целостность питомника нарушается, возможности затенения снижаются. На всей продуктивной площади нужно выращивать одну древесную породу (рис. 5, а).

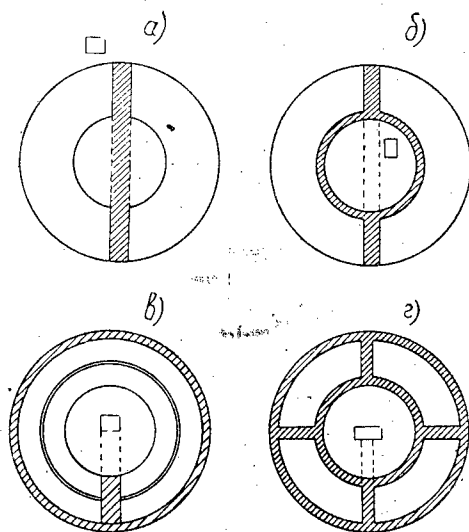


Рис. 5. Типы организации кругового питомника. Заштрихованные площади обозначают дороги.

2 — вокруг острова леса проходит узкая дорога. Она не нарушает целостности острова, но затрудняет проход механизмов и не дает возможности их входа на продуктивную площадь. Этот тип, как и первый, не позволяет выращивать разные породы, но он экономичнее первого (рис. 5, б).

3 — по середине продуктивной площади проходит дорожка, которая позволяет производить уход вручную на полосе 2 м. Подход к отдельным растениям невозможен. Этот тип удовлетворяет всем технологическим требованиям и еще более экономичен, чем первые. Использование разных экологических условий возможно, если при выращивании древесных пород применяются одинаковые агротехнические приемы (рис. 5, в).

4 — расположение дорог показано на рис. 5, г. Долю, приходящуюся на дороги, можно уменьшить за счет ширины, которая должна обеспечивать разворот механизмов (достаточно 2,5 м). Этот тип позволяет

выращивать разные культуры, требующие различного затенения. Такая организация наиболее пригодна для круговых питомников.

Пример правильной организации питомника, приведен на рис. 4. По внешнему краю продуктивной площади проходит дорога шириной 2,5 м. Остров леса соединяют четыре дороги равной ширины, размещенные по границам площадей, выделенных по степени затенения. Культуры следует распределять таким образом, чтобы однолетки всех пород были в одном поясе и все работы можно было провести движущимися по кругу механизмами.

Дороги снаружи и внутри продуктивной площади должны быть твердыми — постоянными, остальные могут быть распаханы и заложены вновь. Очень выгодным является устройство двух въездов на противоположных частях питомника.

Надо иметь в виду, что круговой питомник можно закладывать только в лесу. Хорошо, если древостой уже закончил рост в высоту и имеет высокий класс бонитета. Продолжительность существования питомника равна 20—25 годам, после этого рубят окружающий древостой и остров леса. Это делают только при сплошнолесосечном хозяйстве.

Самым подходящим местом для кругового питомника является местность с уклоном на север, северо-восток и северо-запад. Уклон территории не должен превышать 6°, чтобы при сильном дожде не смылась почва. Еще до закладки питомника надо осветить древостой: удалить больные экземпляры и оставить по возможности деревья с глубокой корневой системой. По окраине можно посадить кустарники (до 3 м высотой), чтобы прекратить приток холодного воздуха сверху, дать возможность проникновению теплого воздуха из долины и задерживать споры грибов и семена сорняков. В восьми обследованных круговых питомниках в течение 8 лет не было отмечено увеличения заболеваний и распространения вредителей.

Круговые питомники можно закладывать на равнинной или холмистой территории, в лесостепной зоне, в поясе лиственных и южной части хвойных лесов, а также в горных местах, в условиях теплого и умеренного климата, где имеется подходящая территория.

---

Поступила в редакцию  
9 июля 1962 г.

**РОЛЬ САПРОФИТНОЙ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ**  
*Ophiostoma roboris* C. Georgescu, I. Teodoru  
**В РАСПРОСТРАНЕНИИ СОСУДИСТОГО МИКОЗА ДУБА**

**И. И. МИНКЕВИЧ**

Аспирант

(Всесоюзный научно-исследовательский институт защиты растений)

Начиная с 1953 г., в культурах ранней формы летнего дуба в Савальском лесхозе отмечается усыхание деревьев от сосудистого заболевания. Впервые вспышка этой болезни отмечена Ю. Н. Иванченко [1] в опушечных древостоях Липецкой дачи. Условия произрастания на этих участках крайне неблагоприятны для дуба в силу климатических и антропологических факторов. Почва в таких насаждениях задернена и уплотнилась в результате пастьбы скота, подлесок и второй ярус отсутствуют. Кроме того, эти насаждения часто подвергались нападению листогрызущих насекомых. Все это привело к ослаблению деревьев, накоплению сухостоя и созданию благоприятных условий для размножения стволовых вредителей и распространению возбудителей сосудистого микоза. В настоящее время инфекция начинает проникать внутрь массива, и очаги болезни появляются в участках культур поздней формы дуба хорошего состояния. Для предупреждения распространения сосудистого заболевания необходимо выяснить биологию его возбудителей.

Согласно данным Е. А. Шумакова, Е. И. Мейер, К. К. Джорджеву [2], грибы-возбудители сосудистых микозов являются в обычных условиях сапрофитами, однако мы не встречали в литературе данных о их развитии на различных субстратах.

Мы наблюдали за возможностью распространения возбудителя сосудистого микоза дуба *Ophiostoma roboris* C. Georgescu, I. Teodoru (со стадиями развития *Hyalodendron roboris* и *Graphium roboris*) как сапрофита на древесине различных древесных и кустарниковых пород, а также за его способностью переходить из сапрофитного состояния к паразитизму на дубе. Опыты проводили в Савальском лесхозе Воронежской области в течение июня—августа 1961 г. по следующей методике.

В стерилизованные влажные камеры, приготовленные в колбах Эрленмейера, помещали после поверхностной стерилизации пламенем куски мертвой древесины различных пород, отдельно по породе в каждую камеру. После этого пульверизатором на древесину наносили суспензию спор *Hyalodendron* и *Graphium*, полученных со штамма, изолированного с пораженных веток дуба.

Развитие гриба оценивали визуально, через месяц после заражения древесины, в зависимости от густоты коремий *Graphium* и роста воздушной грибницы с конидиеносцами *Hyalodendron*.



Для оценки развития сапрофитной фазы *Ophiostoma roboris* были приняты следующие градации: 1 — очень хорошо — обильное развитие воздушного мицелия со спороношением *Hyalodendron*, коремий *Graphium* расположены густо по поверхности древесины; 2 — хорошо — менее обильное развитие мицелия, густота расположения коремий средняя; 3 — удовлетворительно — развитие мицелия слабое, коремии размещаются редкими группами по поверхности древесины; 4 — плохо — ясно выраженный мицелий отсутствует, коремии единичны, редкие; 5 — полное отсутствие развития гриба. Одновременно были поставлены контрольные колбы, в которые споры не вносили.

Для выяснения возможности перехода изучаемого штамма от сапрофитного развития на древесине различных древесных и кустарниковых пород к паразитизму на дубе мы проводили инокуляцию дуба суспензией спор *Hyalodendron* и *Graphium*, полученной с древесины тех пород, на которых развитие сапрофитной фазы происходило «очень хорошо», «хорошо» и «удовлетворительно».

Перед инокуляцией проводили микологический анализ древесины заражаемых веток дуба. Результаты заражения были зафиксированы через 1,5 месяца путем проращивания возбудителя сосудистого микоза из зараженных веток во влажных камерах.

Появление спороношений *Hyalodendron roboris* и *Graphium roboris* на древесине изучаемых пород в контрольных колбах не наблюдалось. В древесине веток дуба возбудителей сосудистого заболевания перед инокуляцией не обнаружено.

Результаты опытов по изучению возможности развития сапрофитной фазы гриба *Ophiostoma roboris* на отмершей древесине и переход его к паразитизму на дубе приведены в табл. 1.

Таблица 1

Порода, на которой проходило развитие сапрофитной фазы <i>Ophiostoma roboris</i>	Оценка сапрофитного развития гриба	Результаты заражения веток дуба суспензией спор <i>Hyalodendron</i> и <i>Graphium</i> , выросших на древесине
Клен татарский	Очень хорошо	+
Ильм		+
Сосна обыкновенная		+
Ель обыкновенная	Хорошо	+
Дуб летний		+
Береза бородавчатая		+
Яблоня лесная	Удовлетворительно	+
Боярышник		+
Бересклет бородавчатый		+
Акация желтая	Плохо	+
Лиственница европейская		Заражение не проводилось
Ольха черная		+
Ясень обыкновенный	Отсутствует	—
Осина		—
Ива русская		—
Тополь душистый		—
Липа мелколистная		—
Клен остролистный		—
Рябина		—
Бузина красная		—
Черемуха обыкновенная		—

Для проверки правильности визуальной оценки результатов опыта было проведено изучение энергии роста колоний изучаемого штамма

*Ophiostoma roboris* на агаризированном отваре мертвой древесины дуба и клена татарского.

В среднем за 10 суток наблюдений энергия роста на отваре древесины клена татарского по радиусу составила 1,91 мм, а дуба — 1,81 мм. Следовательно, мертвая древесина клена татарского более благоприятна для развития сапрофитной фазы гриба, чем мертвая древесина дуба.

Итак, для предупреждения распространения возбудителя болезни необходимо проводить окорку или дезинфекцию вывозимой за пределы очагов древесины тех пород, на которых интенсивно развивается сапрофитная фаза *Ophiostoma roboris*. Таким образом можно уничтожать стволовых вредителей — основных переносчиков инфекции и исключить возможность заселения ими заготовленных материалов.

Окорку нужно производить до начала лета этих вредителей, а в период лета — сразу после рубки дерева. Неокоренную древесину следует обрабатывать ядохимикатами.

Для борьбы с возбудителями болезни можно рекомендовать термическую обработку мелких сортиментов. Опыты, проведенные в лаборатории, показали, что в наружных слоях древесины гриб погибает при прогревании их при температуре 80° С в течение трех часов.

В заключение следует указать, что интенсивное развитие сапрофитной фазы гриба *Ophiostoma roboris* проходит на отмершей древесине тех пород, которые заражаются этим возбудителем. Интересно также отметить, что древесина клена татарского, ильма, ели обыкновенной, сосны обыкновенной является более благоприятным субстратом для развития сапрофитной фазы гриба, чем древесина дуба, из которого изолирован данный штамм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ю. Н. Иванченко. О причине усыхания дубовых насаждений Липецкой дачи Савальского лесничества. Труды Всесоюзного института защиты растений, вып. 8, Ставрополь, 1957, стр. 221—225. [2]. А. Л. Щербин-Парфененко. Симбиотрофия и вирулентность при микозах сосудов дуба. Научно-технический сборник трудов по лесному хозяйству Северного Кавказа, вып. 2, Майкоп, 1956, стр. 100—113.

Поступила в редакцию  
6 августа 1962 г.

## СТРОЕНИЕ ПО ДИАМЕТРУ СЛОЖНЫХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В БАШКИРИИ

**И. И. ЛЕВИЦКИЙ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Башкирская лесная опытная станция)

Даже в вопросе изучения чистых и одновозрастных насаждений есть немало спорного. Некоторые ученые считают, что распределение деревьев по ступеням толщины нужно изучать только по среднему диаметру насаждения. Если абсолютные величины диаметров выразить в долях среднего диаметра на высоте груди («естественные» ступени толщины [6]), то распределение деревьев по ступеням толщины независимо от породы можно считать одинаковым. Другие ученые полагают, что распределение деревьев по ступеням толщины зависит от породы и составляют таблицы отдельно по породам [5].

В то же время есть мнение, что на распределение деревьев по конкретным и естественным ступеням толщины влияет возраст насаждений [3]. Такая разница во мнениях по одному и тому же вопросу объясняется сложностью самого объекта изучения и его изменчивостью.

Что же касается закономерностей распределения деревьев по толщине в смешанных, разновозрастных и сложных насаждениях, то они изучены пока недостаточно.

Принимая во внимание, что изучение этого сложного вопроса должно идти как по пути накопления исследовательских материалов, характеризующих строение различных по возрасту и форме насаждений, так и по выявлению связи строения древостоя с отдельными таксационными элементами, мы и решили дать некоторые результаты наших наблюдений по этому вопросу.

Объектом исследования послужили пробные площади в елово-пихтовых насаждениях Яман-Елгинского леспромхоза Уфимского плато, в которых примесь березы, осины и липы доходит до 0,2 состава. По своей структуре они разновозрастные, сложные и смешанные. В большинстве случаев это — двухъярусные насаждения из нескольких поколений леса: первое в возрасте 151—240 лет, второе 101—150 лет, третье 61—100 лет и четвертое — подрост хвойных пород в возрасте 1—60 лет. Спелые и перестойные елово-пихтовые насаждения Яман-Елгинского леспромхоза занимают 51% по площади и 71% по запасу. Средняя полнота — 0,5, запас на 1 га — 280 м<sup>3</sup>, класс бонитета — II (редко III), класс товарности — 2.

Перечет деревьев на пробных площадях в различных типах леса нами приведен по классам роста (I, II и III) и категориям годности (деловые, полуделовые и дровяные), начиная со ступени толщины 12 см.

Распределение числа стволов и запаса по поколениям (совместно для ели и пихты) приводится в табл. 1.

Таблица 1

Классы роста	Число стволов, %	Запас, %
I	13,6	30,9
II	30,4	35,8
III	56,0	33,3

Для изучения закономерности распределения деревьев по толщине взят перечет деревьев на 18 пробных площадях в 5 различных типах леса. Средние диаметры насаждений этих пробных площадей составляют 26—32 см.

В табл. 2 дано распределение 1000 стволов по естественным ступеням толщины для отдельных типов леса, различающихся величиной среднего диаметра.

Таблица 2

Естественные ступени толщины	Ельник-лог (26,2 см)	Ельник кисличниковый (28,4 см)	Ельник липовый на склонах (29 см)	Ельник хвошевой (30,2 см)	Ельник липовый на плато (32,0 см)	Среднее	
						вычисленное	выравненное
0,3	50	40	55	45	25	43	43
0,4	25	35	40	40	30	34	58
0,5	60	45	50	75	75	61	70
0,6	70	60	90	115	110	89	80
0,7	90	75	80	125	90	92	92
0,8	130	120	85	75	95	101	96
0,9	85	120	110	75	95	97	97
1,0	100	115	105	80	80	96	96
1,1	97	120	110	70	75	94	86
1,2	73	70	80	60	75	72	67
1,3	60	45	45	45	70	53	53
1,4	25	40	30	45	60	40	40
1,5	60	30	30	30	45	39	33
1,6	30	25	25	30	30	28	26
1,7	20	20	20	20	20	20	20
1,8	10	15	15	25	15	16	16
1,9	5	15	10	15	7	10	12
2,0	5	7	10	15	2	8	8
2,1	5	3	5	10	—	5	5
2,2	—	—	3	5	1	2	2
2,3	—	—	1	—	—	—	—
2,4	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	1	—	—	—	—

Наши данные отличаются от аналогичных данных ряда других исследователей [1], [2], [3], [4], [5], [6]. По нашим данным, среднее по толщине дерево в ранжированном ряду занимает 61—62 место (вместо 56—60) от самого тонкого дерева. Это первая важная особенность в строении сложных, разновозрастных елово-пихтовых древостоев. Второй особенностью является большая растянутость ряда распределения деревьев по диаметру (от 0,3 до 2,3—2,6), не свойственная простым одновозрастным древостоям.

Не меньший научный и практический интерес представляет и табл. 3, в которой представлено распределение 1000 стволов по ступе-

Т а б л и ц а 3

Степени толщины, см.	Ельник- лог (26,2 см)	Ельник кислич- никовый (28,4 см)	Ельник липовый на склонах (29,0 см)	Ельник хвощевой (30,2 см)	Ельник липовый на плато (32,0 см)
12	167	110	138	118	70
16	130	90	113	152	134
20	174	150	113	158	140
24	108	170	153	66	93
28	116	170	144	138	114
32	146	110	127	92	104
36	65	80	64	66	79
40	58	30	46	79	88
44	29	30	35	66	84
48	—	30	32	—	28
52	7	20	12	13	42
56	—	10	14	26	19
60	—	—	3	13	—
64	—	—	—	13	—
68	—	—	—	—	5
72	—	—	—	—	—

ням толщины в зависимости от среднего диаметра елово-пихтовых насаждений тех же типов леса.

Изучение вопроса строения насаждений по диаметру имеет большое практическое значение. Зная средний диаметр и среднюю высоту насаждения и пользуясь таблицей процентного распределения, можно без перечета деревьев определить запас и сортиментный состав камеральным путем.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. В. Давидов. Строение буковых насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 3, 1951. [2]. В. И. Левин. К вопросу о строении сосняков Архангельской области. Труды Архангельского лесотехнического института, вып. XIII, Архангельск, 1949. [3]. А. С. Матвеев-Мотин. К вопросу строения одновозрастных насаждений. Сб. «Лесотаксационные очерки», Тула, 1931. [4]. А. И. Тарашкевич. Состав чистых насаждений. Ленинградский сельскохозяйственный институт, 1926. [5]. Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. Справочник таксатора. Гослесбумиздат. М.-Л., 1952. [6]. А. В. Тюрин. Строение одновозрастных насаждений. Записки Воронежского СХИ, вып. VIII, Воронеж, 1927.

Поступила в редакцию  
26 июня 1962 г.

## ГНЕЗДОВАЯ ПОСАДКА СОСНЫ НА ДОНСКИХ ПЕСКАХ

К. А. ЛАШКЕВИЧ

Доцент

(Черкасский инженерно-мелиоративный институт)

После известных теоретических высказываний Т. Д. Лысенко по агробиологии опубликовано много работ, касающихся гнездовых культур сосны, но до сих пор этот вопрос недостаточно изучен.

Представляет интерес опыт посадок гнездовых культур на донских песках. Эти культуры были обследованы работниками кафедры лесоводства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института совместно со студентами-дипломантами.

Весной 1949 г. на Калитвенских песках Калитвенского лесхоза Ростовской области Н. И. Михайловым по методике ВНИИЛМа были заложены опытные культуры сосны: посадка в площадки и рядовая. В районе массива песков выпадает в среднем 410 мм осадков в год, средняя годовая температура воздуха  $8^{\circ}\text{C}$ , продолжительность вегетационного периода 175 дней. Участок расположен на всхолмленной равнине с черноземовидными песчаными и супесчаными почвами. Грунтовые воды залегают на большой глубине и недоступны для корней. На необработанных площадях растительность принадлежит к песчано-степной ассоциации: ракитник, чабрец, типчак Беккера, полевая полынь и др.

Посадки были произведены сеянцами сосны под меч Колесова по следующим схемам: 1) рядовая посадка по зяблевой вспашке почвы при размещении  $1,25 \times 0,75$  м и количестве 11 тыс. сеянцев на 1 га (общая площадь 1,96 га); 2) посадка 200 сеянцев в площадку размером  $2 \times 2$  м по перекопанной лопатой почве при размещении площадок  $16 \times 4$  м и количестве их 156 шт. на 1 га (общая площадь 1,2 га); 3) посадка 500 сеянцев в площадку размером  $3,3 \times 3,3$  м и при такой же подготовке почвы, при размещении площадок  $16 \times 8$  м и количестве их 78 шт. на 1 га (общая площадь 1,2 га).

В рядовых посадках в первый год было проведено пятикратное рыхление и прополка почвы от сорняков, во второй год уход был проведен 3 раза, в третий — 3, в четвертый — 2 и в пятый — 1 раз. На площадках уходов не было. В рядовых посадках в первом году сеянцы сосны прижились на 90%, на 4-метровых площадках на 74 и на 10-метровых на 70. В рядовых посадках было проведено пополнение. На второй год приживаемость саженцев сосны на меньших площадках составила 52%, а на больших — 61. Средняя высота 3-летних культур сосны по данным автора равна 1 м, а гнездовых 0,5 м.

На шестом году (в 1954 г.) рядовые культуры сомкнулись и имели,

среднюю высоту 1,5 м и максимальную 2,5 м, а гнездовые были перегущены в площадках, их средняя высота равнялась 0,8 м, а максимальная 1,25 м. На отдельных площадках в понижениях выделялись сосенки высотой до 2 м. Вегетационный период 1954 г. был очень неблагоприятным для лесокультур из-за весенне-летних засух и суховеев, вызвавших большой отпад в посадках сосны. В августе на холмах, на площадках с большой густотой было заметно усыхание преимущественно по краям с южной и восточной сторон, очевидно, под влиянием атмосферной засухи. На площадках в понижениях усыхания не было, а находящиеся в центре сосенки имели большую высоту, чем крайние.

В конце вегетационного периода 1962 г. было проведено детальное обследование этих культур с перечетом, измерением высот и диаметров сосенок на площадках разного размера на повышенных частях рельефа с черноземовидной маломощной песчаной почвой и понижениях с мелкопогребенной черноземовидной супесчаной почвой\*. Для учета было взято по одной средней по росту деревьев площадке каждого варианта. Находящиеся в аналогичных условиях и примыкающие к гнездовым рядовые культуры сосны были учтены на площадках размером 0,04 га.

Рядовые культуры образовали сомкнутое сосновое насаждение хорошего состояния. Посадки сосны в 4- и 10-метровые редко размещенные площадки выступают отдельными жизнеустойчивыми биогруппами на фоне степной растительности, но заметно отставшими по высоте от рядовых посадок. Наиболее высокие сосенки в площадках на повышениях находятся в центре их или незаметны, а на понижениях размещаются и в средней части и по краям.

Деревца рядовых культур имеют мощные корневые системы, размещающиеся в толще почвы на глубине от 10 до 160 см, центральные сосенки в площадках — менее мощные, но уходящие глубже — до 200 см, а окраинные — мощные, но односторонне развитые.

Предельно густая посадка в 4- и 10-метровые очень редко размещенные площадки на песчаных тракторопроходимых массивах оказалась более дорогостоящей, чем рядовая (192 руб. против 141 руб.).

Полученные данные позволяют высказать такие положения.

Предельно густая посадка сеянцев сосны местами на песчаных массивах создает весьма устойчивые, жизнестойкие биогруппы, сохраняющиеся на лесокультурной площади без всяких уходов, с отдельными сосенками, выделяющимися по высоте в процессе дифференциации. Такие биогруппы в межвидовой борьбе побеждают травянистую растительность, охраняют от суховеев срединные сосенки и обеспечивают сохранение наилучших устойчивых деревьев. Вместе с тем в биогруппе проявляется общая притупленность роста в высоту и по диаметру, причем деревья в биогруппах, находящихся в лучших условиях, более интенсивно изреживаются и дифференцируются по высоте, чем в худших.

Чрезмерная загущенность культур в худших условиях вызвала задержку в процессе дифференциации. В последующие годы, по-видимому, и здесь выделяются сосенки, по высоте догоняющие рядовые культуры. Дальнейшие наблюдения выявят очень интересные и важные для практики положения в процессе самоизреживания сосны без уходов за ними, по сравнению с рядовыми культурами, на которых обычно выполняются трудоемкие прополки, рыхления и прочистки.

Однако очевидная задержка, притупленность роста сосны при густых посадках в редко расположенных площадках и замедленность в

\* Изучение результатов опыта проведено по указаниям автора студенткой Т. В. Куриловой.

формировании насаждений заставляют признать эти культуры на тракторопроходимых площадях донских песчаных массивов с песчаными и супесчаными почвами менее целесообразными, чем рядовые. При рядовых посадках сосны увеличивается площадь питания каждого саженца, а механизированная обработка почвы и уход ослабляют межвидовую борьбу с сорняками, что приводит к более скорому и успешному выращиванию устойчивых и производительных сосновых насаждений.

Весной 1953 г. под руководством Донской НИЛОС (К. А. Лашкевич) работниками Верхне-Донского лесхоза Ростовской области на Песковатском массиве грядово-бугристых зарастающих песков были проведены гнездовые посадки сосны по иной схеме. В данном районе условия более суровые, хотя он находится в той же почвенно-геоботанической зоне. Осадков выпадает около 400 мм в год, тепловой режим менее благоприятен и безморозный период короче — около 165 дней. Здесь залегают негумусированные или слабо гумусированные пески или рыхлые песчаные серые дерновые почвы, погребенные под песчаным наносом. Грунтовые воды протекают на коренедоступной глубине. Первичная растительность представлена ассоциацией песчаной степи с чабрецом, типчаком Беккера, полынью полевой, молочаем и др.

В последние годы на этих песках стали применять посадку сеянцев сосны по намеченным маркером рядам без проведения борозд, но с обязательным выпалыванием сорняков после посадки. Посадка однолетних сеянцев производится ручным способом под меч Колесова при размещении  $1,2 \times 0,7$  м в количестве около 12 тыс. шт. на 1 га. В апреле 1953 г. здесь в дополнение к такому способу одновременно и в аналогичных условиях посажены сеянцы сосны в небольшие площадки по  $0,25$  м<sup>2</sup> (по 5 шт.), при размещении площадок  $2 \times 2$  м, или 2500 посадочных мест на 1 га, и  $5 \times 2,5$  м (по 9 шт.), или 800 посадочных мест на 1 га. Под обоими вариантами занято по  $0,25$  га. После посадок проводились прополки вокруг площадок и в них.

Осенью 1953 г. рядовые посадки сосны изредились, отпад составил 25%. Площадки все сохранились, но в гнездах по 5 сосенок отпало 42%, а по 9 — 52%. Средние высоты саженцев и приросты за вегетационный период были одинаковы по всем вариантам (9 и 4 см).

Через три года эти культуры были в очень хорошем состоянии. Сосенки во всех вариантах достигали высоты 50 см и имели прирост за вегетационный период 1956 г. 20 см. Различий в высотах по вариантам не отмечалось. Культуры по-прежнему пропалывали в рядах и вокруг площадок. К сожалению, в лесхозе нет документов на затраты по отдельным способам посадки и ухода.

В 1962 г., или на десятом году, культуры имели следующие показатели\*. Рядовые посадки сомкнулись, а сосенки в площадках растут еще обособленными группами. Прополки прекращены более пяти лет назад, но угрозы гибели сосенок на площадках (от заглушения травами) не возникает. Нет ни одной площадки с отпадом всех саженцев. В гнездах по 5 шт. сохранилось чаще всего по 2—3 саженца, иногда и 4—5, а в площадках по 9 шт. от 3 до 7 саженцев, реже больше. В обоих вариантах 1—2 сосенки выделяются по высоте. В рядовых посадках средняя высота составляет 2,24 м, максимальная — 3,5 м; в площадках по 5 шт. соответственно 2,28 и 3,4 м; по 9 шт. — 2,13 и 3,0 м. Существенной разницы в росте сосенок не обнаружилось. С точки зрения успеха лесокультур и освоения лесонасаждениями бугристых песков данного типа

\* Обследование культур произведено по указанию автора лесничим В. П. Любимовым.



можно признать целесообразными и перспективными гнездовые культуры (800 площадок на 1 га), поскольку они при одинаковом количестве посадочного материала окажутся с конечным счете менее трудоемкими, чем рядовые, а возможно и более устойчивыми из-за более редкого древостоя в будущем, что весьма существенно в условиях частого здесь дефицита влаги в почве.

Весной 1952 г. Донской НИЛОС (К. А. Лашкевич) на межбугровой котловине хорошо выраженных резко бугристых обарханенных первичных подвижных Березняговских песков Калачеевского лесхоза Воронежской области с годовыми осадками 300 мм были произведены опытные посадки одно- и двухлетних сеянцев сосны гнездовым способом по 9 шт. в площадку размером 0,25 м<sup>2</sup>. Пески такого типа для роста леса мало пригодны. До сего времени на них не удается получить хороших насаждений и ликвидировать их подвижность даже шелугованием. Котловины площадью 0,4—0,7 га имеют неправильную конфигурацию, окружены хорошо выраженными валами бугров с обарханенными вершинами, причем южная, восточная и срединная части котловины голые, подвижные, развеваются ветрами; а кайма вдоль бугров с севера и запада (на заветренных склонах) покрыта редкими зарослями типчака Беккера, тонконога песчаного и вейника с примесью ракитника днепровского, полыни песчаной, кияка и др. На котловине, где были посажены сосны, встречались кустики ивы розмаринолистной и остатки вымирающего березового колка. На голой части песок однофазный, крупнозернистый, желтовато-коричневый сверху и белесоватый на глубине 1—2 м, а среди растительности наносный мелкозернистый сверху, а глубже такой же, как на голой части котловины.

Сеянцы сосны сажали под меч Колесова без всякой предварительной подготовки площадок, на голых песках с восточной стороны под защитой высаженных рядками черенков ивы, ракитника, кустиков полыни, кияка и типчака, а среди зарослей растений вдоль заветренного склона бугров — без всякой защиты. Всего было посажено 396 сосенок на 44 площадках на заросшей части котловины и 117 сосенок на 13 площадках на голой ее части. Они размещались без особого порядка, чаще всего на расстоянии 3—5 м. Никаких уходов и дополнений на этом участке культур не производили.

К осени 1953 г. саженцы на всех местоположениях прижились на: 25—35% и имели высоту 8—12 см. Большой отпад получился вследствие выдувания или засыпания песком, а также от засекания песчинками при ветрах.

В 8-летнем возрасте сосенки сохранились без дальнейших отпадов среди редких зарослей трав и достигли средней высоты 1 м и максимальной 2 м. На голом, подвижном песке сосны имели очень чахлый, болезненный вид; их средняя высота 0,3 м, а максимальная 0,5 м\*.

Применение гнездового способа посадки сосны на подвижных, бугристых, тракторонепроходимых песках весьма низкой лесопригодности дало обнадеживающие результаты. Рядовые же культуры одиночными сеянцами среди зарослей псаммофитных трав или на голых подвижных песках обычно оказывались здесь совершенно безуспешными.

\* Учеты культур проведены студенткой лесохозяйственного факультета Д. А. Грунцевой.

## АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕНИЯ проф. Н. П. АНУЧИНА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИРОСТА НАСАЖДЕНИЯ

Ю. М. РУДЕНКО

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Украинская сельскохозяйственная академия)

За последние годы опубликован ряд новых предложений по определению текущего объемного прироста растущего леса. Одним из них является «Новый метод определения прироста насаждений» проф. Н. П. Анучина [1]. Его можно рассматривать как применение к насаждению предложения проф. А. В. Тюрина по нахождению прироста при помощи боковой поверхности на срубленном дереве [11], [12]. По методу Н. П. Анучина прирост насаждения  $Z_V$  определяется выражением

$$Z_V = S i_{1,3} = S_T P i_{1,3}, \quad (1)$$

где  $S_T$  — боковая поверхность стволов в насаждении на 1 га при полноте 1,0;

$S$  — то же для таксируемого насаждения при полноте  $P$ ;

$i_{1,3}$  — средняя толщина годичного слоя на высоте 1,3 м.

Величина  $i_{1,3}$  устанавливается по измерениям прироста по радиусу у отдельных деревьев насаждения, а  $S_T$  — с использованием данных таблиц хода роста. Величину  $S_T$  выражает равенство

$$S_T = sN = D_{0,5} \pi H N = (D_{1,3} - t_{1,3}) q_2 \pi H N, \quad (2)$$

где  $s$  — боковая поверхность среднего ствола без коры;

$N$  — число створов на 1 га при полноте 1,0;

$D_{0,5}$  — диаметр без коры на середине высоты среднего ствола;

$D_{1,3}$  и  $H$  — средний диаметр и средняя высота насаждения по данным таблиц хода роста;

$q_2$  — средний коэффициент формы в коре;

$t_{1,3}$  — удвоенная толщина коры среднего дерева на высоте 1,3 м.

Метод Н. П. Анучина получил критическую оценку в статье П. В. Воропанова [3]. На эту статью последовал ответ Н. П. Анучина [2]. Авторы пришли к различным выводам. Поэтому возникает необходимость дополнительного рассмотрения этих вопросов и метода в целом, тем более, что ряд других принципиальных вопросов, связанных с ним, не учтен ни его автором, ни П. В. Воропановым.

Боковую поверхность древостоя автор метода определяет, исходя из приближенного выражения ее для ствола

$$s = \pi d_{0,5} \cdot h.$$

По данным В. Г. Ярошевича, это выражение дает преувеличение для тел вращения с образующей  $y^2 = px^m$ , к которым по форме приближаются древесные стволы (при значениях  $m$  от 0,8 до 1,8), и притом большее для полнодревесных, чем для сбежистых [13]. Очевидно, что при определении этим путем боковой поверхности ствола также получится преувеличение по сравнению с поверхностью, установленной по секциям: для сосны от 2,9 до 11,6% (среднее 8,4), ели — от 9,2 до 10,6 (среднее 9,9), дуба — от 7,6 до 13,3 (среднее 10,2), березы — от 9,3 до 11,9 (среднее 11,1) и осины — от 10,5 до 12,1 (среднее 11,4): в среднем для всех пород получилось преувеличение на 9,7%. Данные эти получены при использовании таблиц сбега без коры [6]. Такая же погрешность (9,9% с колебанием от 0 до 12,7%) установлена М. Л. Дворецким по данным измерений 36 стволов сосны [4]. Средний диаметр среднего дерева без коры Н. П. Анучин рекомендует устанавливать по диаметру на высоте 1,3 м без коры и  $q_2$  в коре. Но  $q_2$  в коре и без коры часто не равны. В этих случаях боковая поверхность по рассматриваемому методу определяется с новой относительной погрешностью, выражаемой отклонением в процентах  $q_2$  в коре от  $q_2$  без коры. Если взять стволы разных пород средней формы с диаметром 30 см, а толщину коры на высоте 1,3 м и на половине высоты ствола установить по данным А. А. Крюденера, обобщенным А. В. Тюриным [11], то получим следующие отклонения в процентах: сосна — 9,7; ель — 0,8; дуб +0,3; ясень +0,6; береза — 4,1 и осина — 2,6. Близкие отклонения наблюдаются и при других диаметрах ствола.

Так как между  $q_2$  и видовыми числами  $f$  наблюдается прямая зависимость, то надо полагать, что  $f$  в коре и без коры у дуба, ясеня и ели практически одинаковы, а у остальных из названных пород без коры оно больше, чем в коре. Этим выводом не подтверждаются ни заключение П. В. Воропанова о том, что  $f$  в коре всегда меньше, чем без коры, ни противоположное заключение Н. П. Анучина об их равенстве.

Средние диаметр и высота таксируемого насаждения, как правило, отличаются от указанных в таблице хода роста. Это также влечет за собой погрешности в определении боковой поверхности и прироста древесины по рассматриваемому методу, что вытекает из следующего.

Если табличный диаметр  $D_T$  отличается от среднего диаметра насаждения  $D_n$  на  $p\%$ , то его можно выразить равенством

$$D_T = \frac{D_n(100 + p)}{100}, \quad (3)$$

а погрешность в определении боковой поверхности (в %) уравнением

$$P'_s = -\frac{100p}{100 + p}. \quad (4)$$

Значения  $P'_s$  для боковых поверхностей без коры и в коре практически одинаковы. Из формулы [4] следует, что если  $D_T$  отличается от  $D_n$  на +10% или —10%, то  $S_T$  и прирост по новому методу определяется с погрешностями, соответственно, —9,1% и +11,1%.

Погрешности величины  $S_T$ , вызываемые различием высот, являются по своему характеру ошибками округления [11]. Наибольшая ошибка равна половине разности между  $S_T$  для соответствующих смежных классов бонитета, а средняя квадратическая — 0,3 этой разности. Для обобщенных значений  $S_T$ , приведенных Н. П. Анучиным [1], наибольшая ошибка составляет, как правило, ±5—8%, а средняя квадратическая — ±3—5%.

Существенные ошибки того же рода влечет за собой применение полноты  $P$ , выраженной в десятых долях. При полноте 1,0 средняя ква-

дратическая ошибка округления составит  $\pm 3\%$ , при 0,6—0,8 —  $\pm 4-5\%$ , при 0,3 —  $\pm 10\%$ .

Погрешности величины  $S_T$  получаются также при различии между  $q_2$  насаждения и  $q_2$ , установленным по данным таблиц хода роста. Одни из них вызываються отклонениями средних  $q_2$  отдельных насаждений, на которые распространяются значения  $S_T$  от средних  $q_2$  для совокупности этих насаждений; другие — различием между  $q_2$ , соответствующим данным таблиц хода роста, и средним  $q_2$  указанной совокупности.

Первые погрешности подчиняются закону случайных ошибок. Среднюю величину их приближенно определяют коэффициенты вариации средних  $q_2$ , равные 2,5—3,5% и установленные Ф. П. Моисеенко [7]. Эту погрешность признает и проф. Анучин [2]. Наибольшая величина ее (в тройном размере) составляет  $\pm 7-10\%$ .

Погрешности значений  $S_T$ , вызываемые различием между  $q_2$  по таблицам хода роста и средним  $q_2$  для совокупности насаждений, являются систематическими. Размер их обуславливается выбором таблиц, так как величина  $q_2$  по разным таблицам неодинакова. Эти ошибки в общем незначительны.

Толщина годового слоя  $i$  по длине ствола изменяется и притом у разных стволов и насаждений по-разному [5]. Но по методу Н. П. Анучина  $i$  на разных высотах ствола принимается такой же, как и на 1,3 м. Это допущение влечет за собой погрешности в определении прироста по формуле  $z_v = si_{1,3}$ , являющейся основой нового метода.

Некоторые представления о характере изменения толщины годового слоя по длине ствола и о точности формул  $z_v = si_{1,3}$  и  $z_v = si_{0,5}$  дает табл. 1. Она является результатом дополнительной обработки ряда показателей, полученных М. Л. Дворецким для трёх групп стволов сосны из насаждений Ia и I класса бонитета [4].

Таблица 1

Возраст, лет	Количество деревьев	$i$ на разных высотах, % от $i_{1,3}$			Отклонение $i_{1,3}$ от $i_{0,5}$	Средняя погрешность прироста по формулам, %	
		на четверти высоты	на половине высоты	у основания прироста по высоте за 10 лет		$z_v = si_{1,3}$	$z_v = si_{0,5}$
61 (55 — 67)	16	102	133	260 (на 0,88 высоты)	-25	-10	+20
76 (70 — 90)	8	100	112	208 (на 0,92 высоты)	-11	-5	+6
142 (128 — 170)	12	88	92	106 (на 0,98 высоты)	+9	+8	+1

Из таблицы следует, что каждая группа деревьев имеет свои особенности в характере изменения толщины слоев по длине ствола.

Приведенные в таблице погрешности формулы  $z_v = si_{1,3}$  для совокупностей деревьев по своему характеру являются систематическими. Очевидно, такими же они остаются и при применении формулы (1) к отдельным насаждениям.

Средняя толщина годового слоя  $i_{1,3}$  в формуле (1) определяется с ошибками, что влечет за собой и соответствующие дополнительные погрешности в приросте. Наиболее существенна ошибка, вызываемая варьированием прироста по диаметру у отдельных деревьев в пределах насаждения. По данным измерения всех деревьев на четырнадцать пробных площадях в сосновых насаждениях Боярского учебно-опытного лесхоза средний коэффициент вариации прироста по диаметру составил 40% с колебанием от 27 до 55%. При 25 измеренных деревьях средняя погрешность величины  $i_{1,3}$  составит 40:  $\sqrt{25} = \pm 8,0\%$ .

При определении значений  $i_{1,3}$  неизбежны также ошибки измерения. Вероятный размер этой ошибки для одного дерева составляет  $\pm 10\%$  [8], а для 25 —  $10: \sqrt{25} = \pm 2,0\%$ .

На основании произведенного анализа можно заключить, что метод Н. П. Анучина в том виде, как он предложен, может давать погрешности, достигающие в совокупности 40% и более, чем исключает применение его в практике. Эти погрешности намного превышают среднюю ошибку, установленную автором метода в размере  $\pm 6,6\%$  [2]. Значительная часть ошибок является систематическими. Влияние их нельзя устранить или уменьшить путем увеличения числа деревьев, у которых измеряется  $i_{1,3}$ . Это возможно лишь внесением в формулу (1) ряда поправочных коэффициентов. В отношении некоторых из них потребуются предварительные исследования по уточнению из размеров с учетом определяющих их факторов. Однако внесение поправок значительно усложнит расчеты, что также неприемлемо для практики, несмотря на то, что при этом будет достигнуто увеличение точности. Последняя в таком случае будет обуславливаться, главным образом, ошибками, вызываемыми изменчивостью среднего коэффициента формы  $q_2$  насаждений и толщины годичного слоя  $i_{1,3}$  в насаждении; различием между высотами таксируемых насаждений и высотами по таблицам хода роста; ошибками округления полноты до 0,1 и измерения толщины годичного слоя.

При измерении  $i_{1,3}$  у 20 деревьев и установлении полноты (по данным перечета) с округлением 0,01 совокупная средняя квадратическая ошибка прироста равна  $\pm 11\%$ , а для 25 деревьев  $\pm 10\%$ . Но такая предельно достижимая величина средней ошибки при определении прироста насаждения по 20—25 измеренным деревьям без их срубki может быть получена, как показали исследования автора настоящей статьи, значительно более простым и надежным путем — с помощью установления процента прироста на основании измерения тех же деревьев [9], [10].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Анучин. Новый метод определения текущего прироста насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1959. [2]. Н. П. Анучин. Ответ оппоненту. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1961. [3]. П. В. Воропанов. О предложении проф. Н. П. Анучина по определению текущего прироста насаждений. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1960. [4]. М. Л. Дворецкий. О методе проф. А. В. Тюрина. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 47, Козьмодемьянск, 1950. [5]. М. Л. Дворецкий. Изменение линейного прироста по длине древесного ствола. Сборник трудов Поволжского лесотехнического института, № 49, Йошкар-Ола, 1953. [6]. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины (авторы: Д. И. Товстолес, В. К. Захаров, Б. А. Шустов, А. В. Тюрин). Союзлеспром, М.-Л., 1931. [7]. Ф. М. Моисеенко. Сортиментные таблицы для хвойных и лиственных пород. Журн. «Лесное хозяйство» № 10, 1940. [8]. И. М. Науменко. Анализ методов определения текущего объемного прироста отдельных деревьев. Научные труды Воронежского лесохозяйственного института, т. X, Гослестехиздат, М.-Л., 1948. [9]. Ю. М. Руденко. До питання про таксацію приросту сосни на пні. Лісівництво та лісорозведення. Наукові праці лісогосподарського факультету, т. XVI, вып. 8, изд. УАСХН, Киев, 1960. [10]. Ю. М. Руденко. Таксація поточного приросту соснових насаджень. Результати наукових досліджень по лісових культурах у Боярському дослідному лісгоспі, т. 1, изд. УАСХН, Киев, 1960. [11]. А. В. Тюрин. Таксація леса, 2 изд., Гослестехиздат, М., 1945. [12]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка (для таксации леса). Гослесбуиздат, М.-Л., 1956. [13]. В. Г. Ярошевич. Об определении текущего объемного прироста срубленного дерева. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1959.

## О ВЛИЯНИИ МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА НА ПЛОДОНОШЕНИЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Ю. Н. АЗНИЕВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

(Белорусский технологический институт)

Объектами нашего исследования\* явились постоянные пробные площади № 5а и 5б в Негорельском учебно-опытном лесхозе Белорусского технологического института.

Описание пробных площадей с таксационной характеристикой древостоя по состоянию на осень 1958 г. приводится в табл. 1. Положение участков повышенное, почва дерново-подзолистая, средне оподзоленная на легкой песчанистой супеси, подстилаемой рыхлым песком.

Приведенные в табл. I данные, а также результаты механического анализа почв исследуемых объектов свидетельствуют об их достаточной однородности. Анализ почвенных образцов показал (по данным проф. Б. Д. Жилкина), что после отбора корешков в наиболее корнеобитаемом горизонте  $A_1$  на секции с люпином (проба 5а) содержание общего азота оказалось в 1,5 раза больше, чем на контроле при равных количествах аммиачного и нитратного азота. Оба участка площадью 0,08—0,16 га представляют собой культуры сосны, созданные рядовым посевом в 1923 г. (проба 5а) и разбросным посевом в 1922 г. (проба 5б) по гари 1920 г., в условиях свежего бора ( $A_2$ ). В обоих случаях многолетний люпин был введен в противопожарных целях под полог 8-летних культур (в 1930 г. на пробе 5б и в 1931 г. на пробе 5а).

Поскольку древостои находятся в достаточно однородных условиях среды, созданы в один и тот же год, одним и тем же способом, не подвергались до настоящего времени рубкам ухода и отличаются друг от друга только наличием или отсутствием люпина, есть все основания считать, что происшедшие в них изменения являются следствием 24—25-летнего влияния многолетнего люпина.

Значительно меньшее число деревьев на секции с люпином пробы 5а объясняется, по-видимому, тем, что отставшие в росте сосенки при разбросном посеве были заглушены люпином в большей степени, чем при рядовом (проба 5а).

На пробных площадях одновременно со сплошным пересчетом мы проводили учет плодоносящих деревьев путем тщательного осмотра в бинокль кроны каждого дерева.

Урожай учитывали на стоящих модельных деревьях биологическим методом (срезанием трех средних по урожайности ветвей с разных сто-

\* В сборе и обработке материала принимал участие студент В. Н. Майстров.

Таблица 1

№ квартала	№ пробной площади	Секции	Площадь, га	Рельеф	Подлесок и напочвенный покров	Характеристика древостоя									
						класс бонитета	возраст, лет	состав	средняя высота, м	средний диаметр, см	полнота	согнутость крон	число стволов, на 1 га, шт.	запас на 1 га, м³	
21	5 <sup>а</sup>	Контроль	0,08	Нижняя часть склона	Подлесок отсутствует. В напочвенном покрове вереск, брусника, мох Шребера, без следов посева и самосева люпина	III	35	10С	9,6	8,6	1,0	0,9	4325	143	
"	"	С люпином	"	Слабый склон на юг, верхняя часть склона	Подлесок отсутствует. Покров преобладает мертвый, сохранились экземпляры многолетнего люпина (в среднем 1-2 экземпляра на 1 м²)	II	35	10С	11,0	10,5	1,2	1,0	4125	230	
22	5 <sup>б</sup>	Контроль	0,04	Ровное плато	Редко можжевельник. В покрове вереск, брусника, мох Шребера	IV	36	10С	7,9	8,0	0,9	0,8	4225	98	
"	"	С люпином	"	"	Редко можжевельник. В покрове многолетний люпин (в среднем 3-4 экземпляра на 1 м²)	II	36	10С	12,2	13,8	1,0	0,9	2335	205	

рон кроны и подсчетом количества однолетних и двухлетних шишек и следов от опавших плодов) и путем сплошного сбора всех двухлетних шишек. Модельные деревья брали из числа средних по размерам и энергии плодоношения для каждого класса продуктивности (по классификации проф. Б. Д. Жилкина [1]) с трехкратной повторностью: от I, II и III классов на секциях с люпином и от I и II классов — на контрольных (так как деревья низших классов на контрольных секциях еще не плодоносят). Плодоносящие на секциях с люпином деревья IV класса продуктивности не были взяты в качестве моделей из-за ничтожно малого количества шишек на них (1—2 шт.). Но сам факт плодоношения деревьев в III—IV классов на секциях с люпином и отсутствия его на контрольных секциях обеих пробных площадей свидетельствует о положительном влиянии многолетнего люпина на плодоношение.

Результаты учета плодоносящих сосен и урожая шишек на модельных деревьях в переводе на 1 га приводятся в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что на секциях с люпином количество плодоносящих деревьев в 3—5,5 раза больше, а урожай шишек по количеству — в 6,5—13 и по весу — в 10—13 раз больше, чем на контрольных.

Таблица 2

№ пробных площадей	Секции	Класс продуктивности	Количество плодоносящих деревьев на 1 га, шт.	Среднее количество шишек на 1 дереве, шт.	Средний вес шишек с одного дерева, г	Средний вес одной шишки, г	Урожай шишек на 1 га	
							число, шт.	вес, кг
5а	Контроль	I	175	3	12	4,0	525	2,1
		II	50	11	56	5,1	550	2,8
	С люпином	I	235	10,7	66,3	6,2	3475	21,6
		II	238	14,0	117,0	8,3	3325	27,0
	III	38	6,5	42,7	6,6	250	1,6	
	IV	63	—	—	—	—	—	
5б	Контроль	I	100	4	28	7,0	400	2,8
		II	25	6	60	10,0	150	1,5
	С люпином	I	375	12,0	93	7,7	4500	34,8
		II	200	11,0	101	9,2	2200	20,2
	III	75	3,3	33	10,0	250	2,8	
	IV	50	—	—	—	—	—	

На секциях с люпином на долю I класса продуктивности приходится 49—54% плодоносящих деревьев, на контрольных — 78—80%, а на долю II класса соответственно 36—29 и 22—20%.

Плодоносящие деревья I класса продуктивности составляют 50—75% от числа деревьев этого класса на секциях с люпином и 18—36% — на контрольных, а II класса соответственно 22—36 и 3—6%.

Обращает на себя внимание сравнительно большое количество плодоносящих деревьев IV класса продуктивности, что объясняется, кроме воздействия люпина, отсутствием рубок ухода в этих насаждениях, которое привело к значительному накоплению отставших в росте деревьев IV и V классов, составляющих в сумме 45—50% на секциях с люпином. В то же время плодоносящих деревьев IV класса очень немного — 1,2—1,7% от общего количества плодоносящих деревьев и 4,4—5% от числа деревьев IV класса продуктивности.

Небезынтересно отметить также относительно большую урожайность деревьев II класса продуктивности по сравнению с I классом: по весу шишек — во всех без исключения случаях, а по количеству их во всех, кроме одного (секция с люпином, проба 5б), где наблюдалась обратная зависимость.

Это объясняется, по-видимому, оптимальным освещением крон деревьев II класса продуктивности, в то время как максимальное освещение верхним светом деревьев I класса приводит, как показали исследования В. Н. Любименко [3], О. Г. Каплера [2] и др., к снижению энергии плодоношения.

Необходимо, однако, отметить, что по нашим же исследованиям, в более старших насаждениях и в разных типах леса зависимость между классом продуктивности дерева и энергией его плодоношения была иной, а именно: чем выше класс дерева, тем обильнее оно плодоносит.

Результаты учета урожая семян и анализа их качества, приведенные в табл. 3, позволяют сделать следующие выводы.

1. Урожай полнозернистых семян 1956 г. (из шишек, созревших осенью 1955 г.) как по количеству, так и по весу на секциях с люпином выше, чем на контрольных, в 13—15 раз (проба 5а) и в 16—17 (проба 5б).



Таблица 3

№ пробных площадей	Секции	Урожай семян на 1 га				Процент пустых семян по количеству	Показатели качества				
		вес, кг		количество, тыс. шт.			вес 1000 шт. полнозернистых семян, г	энергия прорастания, %	абсолютная всхожесть, %	средняя скорость прорастания, дн.	Процент выхода семян от веса свежесобранных шишек
		общий	полнозернистых	общее	полнозернистых						
5а	Контроль	0,089	0,068	18,6	9,9	46,8	6,86	81,6	84,7	3,3	1,39
	С люпином	0,933	0,913	163,5	150,4	7,9	5,89	83,1	89,9	4,2	1,82
5б	Контроль	0,097	0,089	18,5	15,0	18,7	5,26	84,9	87,0	3,1	2,07
	С люпином	1,550	1,533	257,6	242,6	6,0	6,18	85,2	89,5	3,5	2,65

2. Содержание пустых семян в шишках, собранных на секциях с люпином, в 3—6 раз меньше, чем на контрольных.

3. Весьма значительна разница и в проценте выхода семян от веса свежесобранных шишек (в секциях с люпином он больше); вообще же применявшаяся в нашем опыте солнечная сушка шишек с последующим их лушением дает высокий процент выхода семян, в 2—2,5 раза превышающий обычную производственную норму (1%). Это объясняется полным извлечением всех семян из шишек, что не достигается при сушке в шишкосушилках.

Таким образом, длительное произрастание многолетнего люпина под пологом сосновых древостоев оказало исключительно большое положительное влияние на количество плодоносящих деревьев и величину урожая шишек и семян и почти не сказалось на качестве семян. Кроме того, значительно меньшее содержание пустых семян в шишках, собранных на секциях с люпином, и возможность получения одинакового количества семян с гораздо меньшей площади в несколько раз снижает себестоимость заготовки 1 кг полнозернистых семян на секциях с люпином по сравнению с контрольными.

Прейскурантная стоимость сосновых семян, которые могут быть собраны с 1 га исследуемых насаждений, составит для секций с люпином — 9 р. 86 к. (проба 5а) и 16 р. 56 к. (проба 5б), а для контрольных соответственно — 73 и 96 коп.

Имея в виду большое значение многолетнего люпина для повышения продуктивности и плодоношения сосновых насаждений на бедных песчаных почвах и возможности использования люпинов (в особенности кормовых) в сельском хозяйстве, следует как можно шире внедрять в лесохозяйственное производство посевы и посадки многолетнего люпина в междурядья сосновых культур в Прибалтике, Белоруссии и прилегающих к ним районах РСФСР.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Б. Д. Жилкин. Классификация деревьев по продуктивности в однопорядковых одновозрастных древостоях и опыт ее применения. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1952. [2]. О. Г. Каппер. Репродуктивная способность сосновых насаждений в южных областях СССР по исследованиям в лесах Воронежской губ. Записки Воронежского СХИ, т. VI, 1926. [3]. В. Н. Любименко. Влияние света различной насыщенности на накопление сухого вещества и хлорофилла у светолюбивых и теневыносливых растений. Труды по лесному опытному делу, 1909.

Поступила в редакцию  
9 октября 1962 г.

## К ВОПРОСУ ОБ АГРОТЕХНИКЕ КУЛЬТУР В СОСНЯКЕ ВЕРЕСКОВОМ (A<sub>1</sub>)

**В. П. ГРИГОРЬЕВ**

Ассистент

(Белорусский технологический институт)

Наиболее распространенным способом производства сосновых культур в Белоруссии является посадка сеянцев в дно плужных борозд или площадок. На песчаных дерново-подзолистых почвах культуры, созданные этим способом, часто плохо приживаются и длительное время страдают от сорной растительности. Особенно опасные конкуренты сосны — вейник и вереск.

Для решения некоторых вопросов агротехники сосновых культур в условиях сухого бора в Негорельском учебно-опытном лесхозе Белорусского технологического института был заложен стационар № 8п. Площадь, отведенная под стационар, представляла собой гарь с погибшими культурами сосны, мощным вересковым покровом, без пней.

Почва участка дерново-подзолистая слабо оподзоленная, развивающаяся на связных песках, подстилаемых рыхлым песком. Весной 1956 г. при закладке стационара в гумусовом горизонте почвы (0—6 см) содержалось: физической глины — 7,6; гумуса — 1,47; общего азота — 0,08% от веса почвы. Активная кислотность (рН в H<sub>2</sub>O) составляла 5,7; гидролитическая — 4,12 м-экв. на 100 Г почвы, степень насыщенности почвы основаниями — 39,6%. По составу и физико-механическим свойствам почва характерна для сосняков вересковых, описанных П. П. Роговым и И. К. Блинцовым [4].

Участок весной 1956 г. был обработан в три следа дисковым культиватором на тракторной тяге и дважды проборонован. Глубина обработки почвы составила в среднем 8—10 см.

Однолетние сеянцы сосны высаживали из расчета 30 тыс. шт. на 1 га в секции размером 10 × 10 м, предварительно удобренные фосфорно-калийными удобрениями и известью в различных сочетаниях. Были приняты следующие нормы удобрений: суперфосфат — 4, хлористый калий — 1, известь — 10 ц/га.

После посадки сосны был посеян (в междурядьях) кормовой многолетний люпин (сорт «Белорусский»). Норма высева — 10 кг/га. На некоторой части секций посеvy люпина мульчировали торфяной крошкой из расчета 40 ц/га.

В опыт были включены следующие варианты посадки: 1 — по фону РКСа с люпином и торфяной крошкой в качестве мульчи; 2 — с Р и люпином; 3 — с люпином без удобрений; 4 — без люпина по фону РКСа; 5 — без люпина, но с внесением торфяной крошки в количестве 200 Г в

посадочную щель; 6 — контроль (все шесть вариантов при сплошной обработке почвы); 7 — без люпина и удобрений при частичной обработке почвы.

В каждом варианте (в трехкратной повторности) было высажено по 900 семян.

Результаты исследований приведены в табл. 1. При частичной обработке почвы сосну высаживали в полосы шириной около 30 см, сделанные вручную и имитировавшие плужные борозды, то есть с оборотом пласта. Междуядрия были покрыты естественным травостоем, представленным преимущественно вереском с небольшим участием вейника. Суммарное проективное покрытие почвы достигало 80—100%. Вересковый покров такой густоты сильно угнетает сосну. Угнетающее действие густого вереска на рост сосны отмечали ранее М. И. Сахаров [5] и И. Д. Юркевич [6].

Таблица 1

№ вариантов	Средние показатели по годам																	
	1956					1957					1958							
	вы- жи- вае- мость, %	при- рост, см	вы- сота, см	диа- метр у шей- ки, мм	вес в сухом состоянии		вы- жи- вае- мость, %	при- рост, см	вы- сота, см	диа- метр у шей- ки, мм	вес в сухом состоянии		вы- жи- вае- мость, %	при- рост, см	вы- сота, см	диа- метр у шей- ки, мм	вес в сухом состоянии	
					г	%					г	%					г	%
1	94	3,2	6,5	2,9	2,8	118	91	11,9	18,4	5,6	12,2	108	78	13,0	31,4	6,7	21,1	86
2	98	3,1	6,4	2,7	2,7	112	95	11,2	17,6	5,2	11,9	104	91	13,5	31,1	6,6	25,7	105
3	95	2,7	6,1	2,5	2,5	104	94	12,8	13,9	5,6	12,8	113	90	16,2	35,1	6,6	28,9	118
4	94	3,1	6,3	2,7	2,7	112	92	11,4	17,7	5,5	11,4	101	80	15,0	32,7	6,2	24,7	101
5	98	3,4	6,6	3,9	4,2	175	98	15,8	22,4	7,4	22,8	202	96	18,4	40,5	8,2	52,1	212
6	95	2,5	5,7	2,5	2,4	100	91	12,4	18,1	5,4	11,3	100	90	15,2	33,3	6,5	24,5	100
7	91	2,5	5,6	1,7	0,9	38	85	10,6	16,2	3,1	3,2	28	30	7,9	24,1	4,1	7,1	25

Эффективным методом борьбы с вересковым покровом при отсутствии или небольшом количестве пней является дискование почвы. Измельченный дисковым культиватором вереск удаляют бороной, после чего он уже не появляется. Посадка производится в разрыхленный гумусовый горизонт почвы. При посадке в дно плужных борозд корни сосны попадают в подзолистый горизонт, обладающий плохими лесорастительными свойствами.

Минеральные удобрения оказали положительное действие только в первый год опыта. В дальнейшем они вымывались, а удобренные делянки интенсивно зарастали сорняками.

Лучшей в условиях опыта оказалась посадка сосны с внесением торфа в посадочную щель по способу, предложенному В. Ф. Морозовым и И. К. Якушенко [2].

Введение люпина в междуядрия культур для обогащения почвы азотом и органическим веществом в условиях сосняка верескового затруднено, так как на глубоких песках люпин страдает от засух и быстро изреживается. Однако в литературе имеются примеры удачных опытов [1], [3].

Из табл. 1 видно, что на делянках, где люпин был высеян по фону РКСа с применением торфяной мульчи, на третий год рост сосны и ее выживаемость ухудшились. Здесь люпиновый травостой был достаточно мощным и заглушал сосну. Не ощущался еще и удобряющий эффект от поступления в почву органической массы люпина, так как его урожай в первые два года были незначительны.

Экономическая эффективность агротехнических мероприятий выявляется в полной мере лишь после достаточно длительного периода, когда может быть определен объем товарной продукции. Тем не менее, показатели себестоимости культур представляют интерес (табл. 2).

Таблица 2

№ вариантов	Себестоимость 1 га культур	
	руб.-коп.	%
1	247—37	142
2	195—48	112
3	185—93	107
4	190—33	109
5	243—18	140
6	173—81	100
7	177—99	102

### Выводы

1. Для облесения участков типа вересковых пустошей может быть рекомендована сплошная обработка почвы дискованием с последующим боронованием.

2. Внесение минеральных удобрений сплошным фоном способствует развитию сорняков и в условиях сосняков вересковых не эффективно.

3. Хорошие результаты в сухих борах дает посадка сосны с внесением торфа в посадочную щель. Однако в связи с удорожанием культур этот способ может применяться в особо трудных условиях.

4. Люпиновый травостой средней густоты способствует росту сосны, так как он предохраняет почву от перегрева и препятствует проникновению сорняков в междурядия. При чрезмерном разрастании люпина необходимо отаптывать или скашивать.

5. Для устойчивого внедрения люпина в сосняках вересковых необходимо применять фосфорно-калийные удобрения в сочетании с известкованием почвы.

6. Зеленая масса и особенно семена люпина могут служить источником дополнительного дохода и оправдывают расходы на его междурядную культуру.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Жилкин. Повышение продуктивности сосняков путем культуры люпина. Журн. «Лесное хозяйство» № 10, 1951. [2]. В. Ф. Морозов, И. К. Якушенко. Посадка сосны на песках с применением торфокрошки. Минск, 1955. [3]. А. Немец. Удобрение лесных культур. Прага (на чешском языке), 1950. [4]. П. П. Роговой, И. К. Блинцов. Почвенно-грунтовые условия произрастания леса в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Сборник научных трудов БЛТИ, вып. VIII, Минск, 1956. [5]. М. И. Сахаров. О факторах, отрицательно влияющих на возобновление сосны на сплошных вырубках. Известия АН БССР, № 5, Минск, 1950. [6]. И. Д. Юркевич. О влиянии подлеска на вересковый покров, влажность почв и рост культур сосны. Известия АН БССР, № 5, Минск, 1954.

Поступила в редакцию  
28 ноября 1962 г.

## К ВОПРОСУ О ТИПАХ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ НАСАЖДЕНИЙ

*Г. Е. КОМИН*

Аспирант

(Институт биологии Уральского филиала АН СССР)

Изучение возрастной структуры насаждений необходимо для познания процессов роста и развития леса, с целью обоснования принципов организации форм хозяйства. Выявление закономерностей возрастного строения позволит также повысить точность таксации разновозрастных естественных лесов. В связи с этим возникает необходимость детального изучения их возрастной структуры, что возможно только при выделении типов возрастного строения насаждений.

Эти вопросы изучались рядом ученых [10], [8], [12], которые предложили свои классификации.

В 1960—1961 гг. мы под руководством проф. Б. П. Колесникова изучали возрастную структуру насаждений заболоченных лесов вдоль строящейся железной дороги Ивдель—Обь (Свердловская область). Район работ расположен в подзоне северной тайги\*. Исследования проводили в сосняках багульниково-сфагновом и кассандрово-сфагновом и ельнике осоково-сфагновом. Сосняки багульниково-сфагновые по происхождению представлены тремя видами насаждений: девственными, затронутыми слабыми низовыми пожарами, и пирогенными, возникшими на горях после сплошных повальных пожаров, а в других двух типах — только девственными. По закономерностям развития изучаемые насаждения можно считать характерными для двух эпох лесообразовательного процесса [5]: доагрикультурной (девственные) и эпохи стихийно-беспланового использования человеком лесных ресурсов (пройденные слабыми пожарами и пирогенные).

Возрастную структуру изучали на временных пробных площадях двух видов: а) пробные площади, на которых определяли возраст у половины всех деревьев (200—245 шт.); б) пробные площади, на которых определяли возраст у каждого десятого дерева (35—47 шт.). На всех пробных площадях проводили сплошной учет возраста подроста на 10—25 площадках (2 × 2 м). У деревьев находили не условный возраст (количество годовичных колец на пне), а истинный по разработанной ранее методике [7]. Всего было заложено 13 пробных площадей (табл. 1).

\* Выбор района работ не был случайным. Никогда не эксплуатировавшийся и совершенно не населенный, он дал возможность найти доподлинно девственные участки леса, не испытавшие целеустремленного хозяйственного воздействия человека.

Несмотря на сравнительно небольшое число пробных площадей, установлено большое разнообразие по возрастному строению насаждений. Идентичность возрастного строения насаждений одного и того же типа леса и одинакового происхождения и даже разных типов позволяет выделить несколько типов возрастной структуры.

На пробных площадях № 1 и 3, заложенных в сосняке багульниково-сфагновом, колебание возраста деревьев достигает 21 года. Оба насаждения возникли на горях после повальных пожаров. Их можно объединить в тип относительно-одновозрастных насаждений. К нему следует относить насаждения с колебанием возраста деревьев в пределах 20 лет для светолюбивых пород и 40 лет для теневыносливых, что условно равно максимальному периоду возобновительного процесса на открытых площадях или хозяйственным классам возраста.

Кроме относительно одновозрастных, встречаются очень близкие к ним по возрастному строению насаждения, но имеющие колебания в возрасте деревьев всего 2—3 года. Обычно они представлены березняками и осинниками порослевого происхождения [10], а также выросшими на заброшенных пашнях. Основная масса деревьев этих насаждений, как правило, возникает в один год. Их целесообразно выделить в отдельный тип — абсолютно-одновозрастных. На наших пробных площадях они не встречаются, так как в районе исследования не было в прошлом пашен и вырубок. Однако в соседних районах, вблизи долин рек Лозьви и Сосьвы такие насаждения встречаются нередко.

На рис. 1 приведена возрастная структура сосняка багульниково-сфагнового. Использование полулгарифмической шкалы дает возможность показать изменения количества деревьев (диапазон которого очень велик) на одном графике. Такое изображение позволяет также уста-

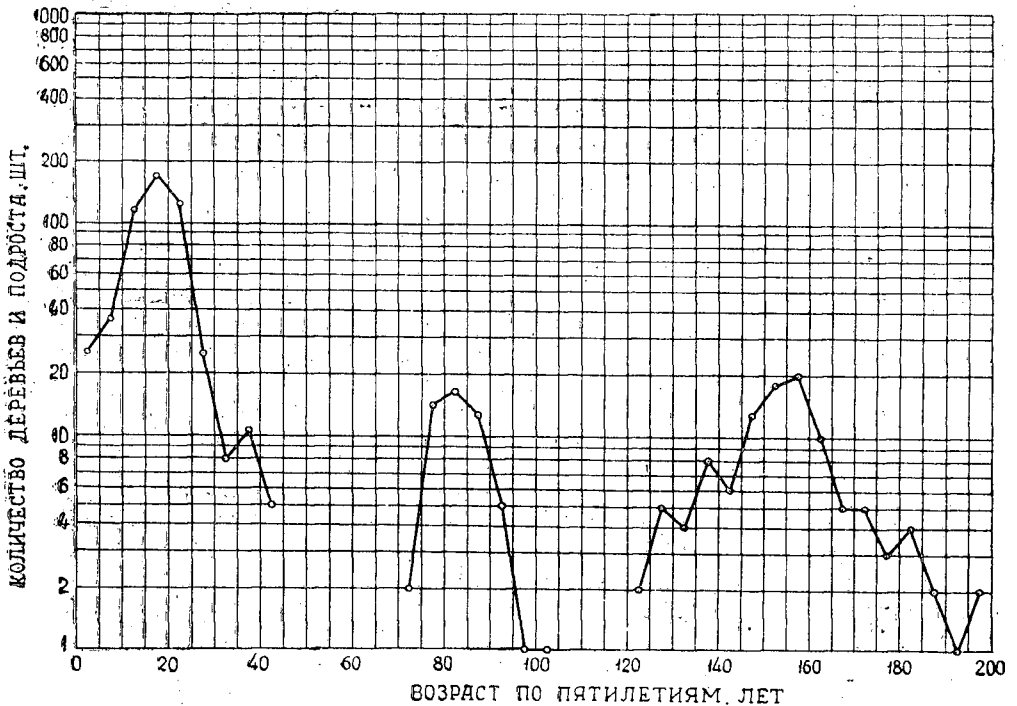


Рис. 1. Ступенчато-разновозрастный тип возрастной структуры насаждения сосняка багульниково-сфагнового, пройденного пожарами. (пробная площадь № 7).

новить наличие или отсутствие однотипности в распределении деревьев по возрасту в различных разновозрастных группах. На графике хорошо выделяются три резко обособленных поколения. Насаждения, имеющие подобную возрастную структуру, относим к типу ступенчато-разновозрастных. Поколения в них легко можно выделить непосредственно при перечете или при глазомерной таксации. Причиной ступенчато-разновозрастного строения часто служат беглые низовые пожары, которые вызывают гибель подроста, а иногда и значительной части древостоя, вследствие чего в ряду распределения числа деревьев по возрасту образуются разрывы. Насаждения, относящиеся к данному типу, образованы несколькими (чаще 3—4) относительно одновозрастными поколениями, развивающимися последовательно одно за другим через определенные промежутки времени. Подобное возрастное строение установлено в лиственных лесах Енисейского края [11]. Наличие ступенчато-возрастной структуры отмечено рядом исследователей и в девственных лесах [1], [3].

На рис. 2 представлена возрастная структура девственного ельника осоково-сфагнового. Насаждение сложено деревьями всех возрастов от 1 года до 290 лет, но в ряду распределения наблюдается несколько максимумов, разница в возрастах которых колеблется от 60 до 80 лет. Годы, в которые отмечается минимальное количество деревьев, условно можно принять за границы поколений. Подобная возрастная структура установлена и для девственных насаждений сосняков багульниково-сфагновых, но у них разница в возрастах максимумов или минимумов составляет всего 30—40 лет. Такие насаждения объединены нами в тип циклично-разновозрастных. Названы они так потому, что количество деревьев по возрасту меняется, то увеличиваясь, то уменьшаясь, а различия

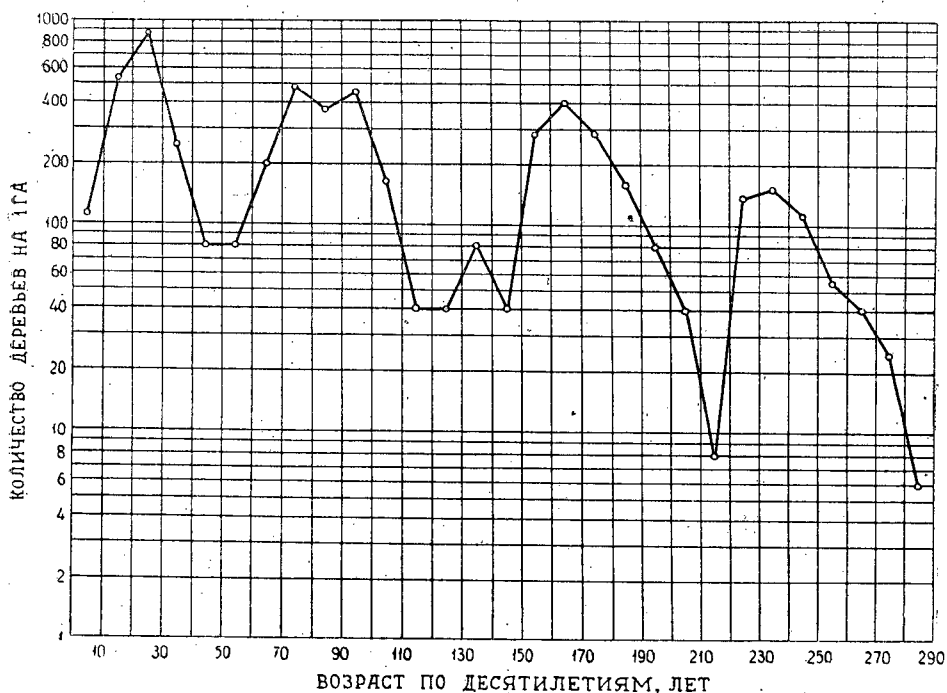


Рис. 2. Циклично-разновозрастный тип возрастной структуры насаждения ельника осоково-сфагнового, девственного (пробная площадь № 9).

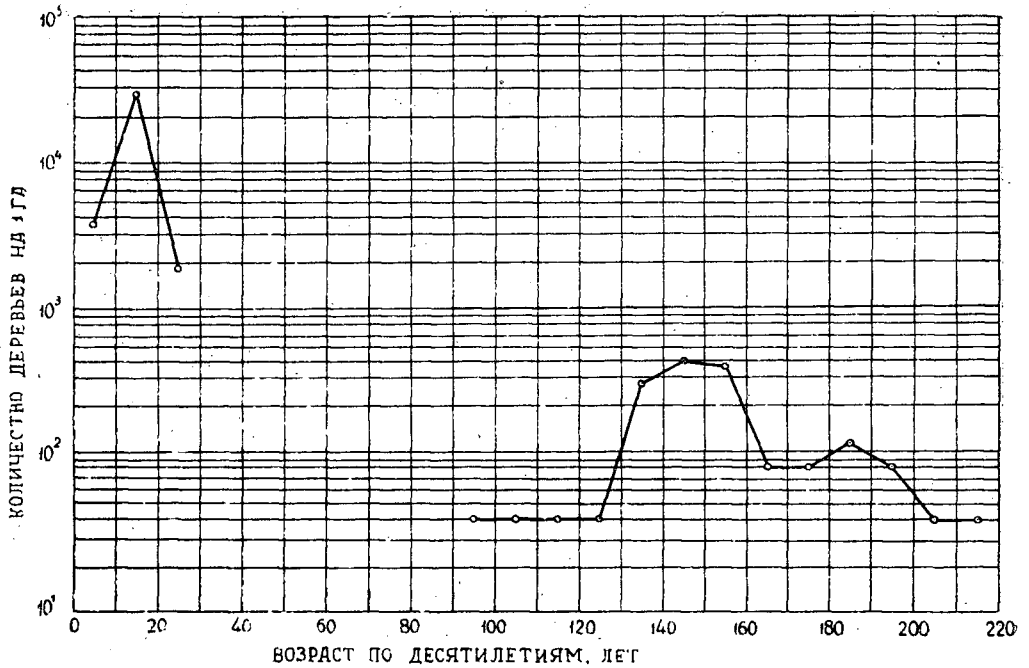


Рис. 3. Относительно-разновозрастный тип возрастной структуры насаждения сосняка багульникового-сфагнового, пройденного пожарами (пробная площадь № 10).

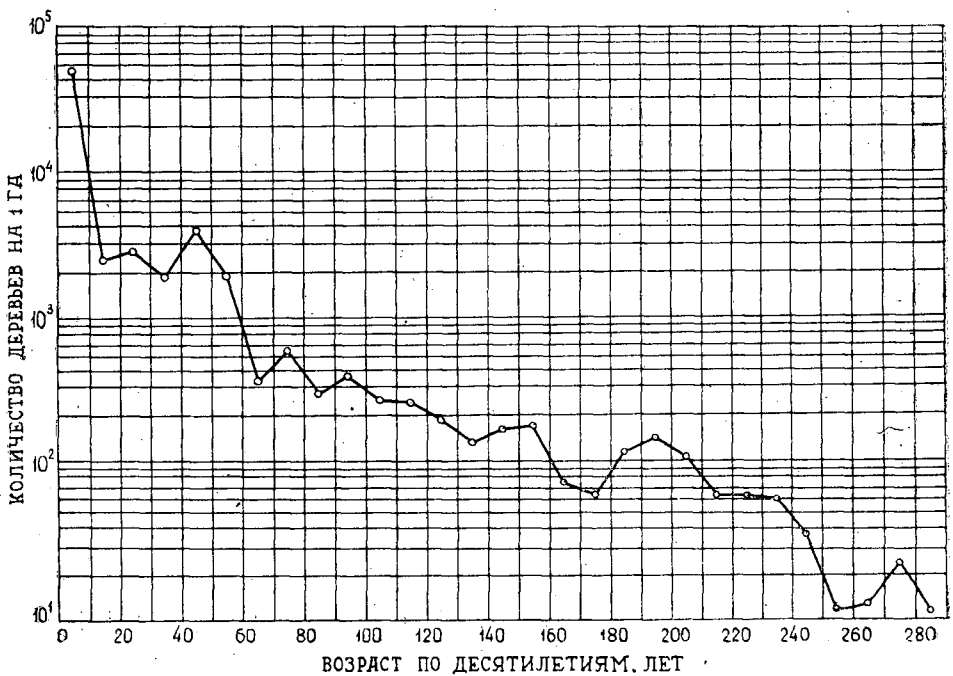


Рис. 4. Абсолютно-разновозрастный тип возрастной структуры насаждения сосняка кассандрово-сфагнового, девственного (пробная площадь № 8).



в возрастах между соседними максимумами или минимумами близки, но не одинаковы, то есть изменение количества деревьев по возрасту носит циклический характер. Подобная возрастная структура отмечена для ельников Севера [1], [2], а по данным ряда авторов [4], [6], [9], [13], можно считать, что она присуща большинству насаждений девственных лесов. К этому же типу можно отнести ассиметрично-разновозрастные насаждения, выделенные Р. Г. Синельщиковым [8], который считает, что таксацию их можно вести по двум поколениям.

Пожары не всегда приводят к образованию ступенчато-разновозрастных насаждений. На рис. 3 представлено распределение деревьев по возрасту в одном из насаждений сосняка багульниково-сфагнового. Насаждение явно разновозрастное, но не абсолютно, так как между древостоем и подростом имеется определенный разрыв в возрастах. Не наблюдается здесь и четкого деления на поколения, что связано с воздействием частых беглых пожаров. За последние 93 года насаждение горело 10 раз, а перерывы между пожарами, установленные по пожарным подсушинам, составляли от 3 до 30 лет. Такие насаждения отнесены к типу относительно-разновозрастных. Для них характерно равномерное или близкое к нормальному распределение деревьев по возрасту. Наличие же разрыва или малого количества деревьев между древостоем и подростом не позволяет считать их абсолютно-разновозрастными. К этому же типу следует отнести симметрично-разновозрастные насаждения, выделенные Р. Г. Синельщиковым, а также сравнительно одновозрастные и разновозрастные (С. С. Шанин и С. Н. Товбис).

Сосняки кассандрово-сфагновые тоже имеют циклично-разновозрастную структуру, но циклы у них более короткие — 8—15 лет (рис. 4). Выделение таких коротких циклов возможно только при определении возраста большого количества деревьев. Здесь даже 20-летние поколения можно установить только условно, с градацией по искусственным классам возраста. Практически такие насаждения можно считать абсолютно-разновозрастными. Необходимо отметить, что сосняки кассандрово-сфагновые для указанного района типичны в крайних условиях существования сосны как лесообразователя. О том, что подобные условия существования древесных пород приводят к образованию абсолютно-разновозрастных насаждений, имеется ряд указаний в литературе [3], [11].

Всего нами выделено 6 типов возрастной структуры насаждений естественных лесов. Между ними имеется генетическая связь. Со временем насаждения одного типа возрастной структуры под влиянием различных факторов могут перейти в другой тип.

Вероятно, что наша классификация не охватывает всех возможных вариантов возрастного строения естественных насаждений. Однако нам представляется, что она позволит глубже познать процессы роста и развития леса. Дальнейшее целеустремленное накопление фактического материала будет содействовать уточнению классификации, ее дополнению и совершенствованию.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. И. Баранов, К. И. Григорьев. К вопросу о строении и росте ельников Севера. Географический сборник, V, Географические вопросы лесного хозяйства, Изд. АН СССР, М.-Л., 1955. [2]. П. В. Воропанов. Ельники Севера. Гослесбумиздат, М.-Л., 1950. [3]. А. К. Денисов. Пойменные дубравы лесной зоны. Гослесбумиздат, М.-Л., 1954. [4]. Б. А. Ивашкевич. Девственный лес, особенности его строения и развития. Журн. «Лесное хозяйство и лесная промышленность» № 10, 11, 12, 1929. [5]. Б. П. Колесников. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале. Труды Института биологии УФАИ СССР, вып. 27. Свердловск, 1961.

- [6]. Б. П. Колесников, Е. П. Смолоногов. Некоторые закономерности возрастной и восстановительной динамики кедровых лесов Зауральского Приобья. Сб. «Проблемы кедра». Труды по лесному хозяйству Сибири, вып. 6, изд. СО АН СССР. Новосибирск, 1960. [7]. Г. Е. Комин. К методике определения точного возраста деревьев в заболоченных лесах. Доклады первой научно-технической конференции молодых специалистов лесного производства Свердловской области по итогам работ 1960 года. Свердловск, 1961. [8]. Р. Г. Синельщиков. К вопросу о возрастном строении ельников. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1958. [9]. Е. П. Смолоногов. К вопросу динамики возрастной структуры древостоев широколиственно-елово-лихтовых лесов Урала. Труды Института биологии УФАН СССР, вып. 14, Свердловск, 1960. [10]. М. К. Турский. Лесоводство. Изд. 3, М., 1904. [11]. Э. Н. Фалалеев. Возрастная структура лиственничных лесов Енисейского края. Труды Сибирского лесотехнического института, сб. XVI, Красноярск, 1957. [12]. С. С. Шанин, С. Н. Товбис. Возрастное строение лесов Сибири и Дальнего Востока. Сб. «Лиственница и ее использование в народном хозяйстве СССР», ЦБТИ, М., 1961. [13]. Bohuslav Vins. Struktura a vývoj přirozených porostu s jedli. Práce výzkumných ústavů lesnických CSSP, 23, 1961.

Поступила в редакцию  
15 октября 1962 г.

**К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ ФОРМЫ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ  
ДЛЯ СОВОКУПНОСТЕЙ НАСАЖДЕНИЙ**

**Н. М. ГЛАЗОВ**

Аспирант

(Биолого-почвенный институт Дальневосточного филиала  
Сибирского отделения АН СССР)

Знание средней формы стволов имеет большое значение в глазомерной и перечислительной таксации леса. Средние  $q_2$  стволов какой-либо одной древесной породы различны в разных географических районах. Например, в пределах Европейской части Союза средний  $q_2$  стволов сосны колеблется от 0,64 до 0,70, что обуславливает ошибку в определении объема древесины для насаждений, одинаковых по высоте и диаметру, до 10%. Эта ошибка будет систематической, если таксационные таблицы составлены по коэффициентам формы, не соответствующим сбегу стволов наиболее распространенных насаждений. Кроме того, сбежистость стволов в известной степени определяет размеры и сортность сортиментов. Средний  $q_2$  стволов для совокупности насаждений какого-либо района обычно находят как средний арифметический, часто без учета доли участия отдельных категорий древостоев. В связи с этим важно иметь данные средней таксационной характеристики насаждений: средние высоты, диаметры, полноты по типам леса. Некоторые из этих данных приводятся в табл. 1 для лиственницы севера Амурской области (верховья р. Зеи) по материалам лесоустройства Зейского лесхоза в 1960—1961 гг. (использовано более 1200 таксационных характеристик методом случайной выборки).

Таблица 1

Типы леса	Средние таксационные признаки древостоев			Разряд высот по таблицам ДальНИИЛХа изд. 1948 г.	Отношение высоты к диаметру	Процентное участие типа леса в составе лесного фонда
	высота, м	диаметр, см	полнота			
Болотисто-сфагновые	15,7	21,4	0,36	5	0,73	6
Травянистые	19,9	25,9	0,60	5	0,77	18
Багульниковые	18,9	23,1	0,45	5	0,82	45
Брусничники	22,1	26,4	0,67	3	0,84	21
Боровые	21,2	24,8	0,67	4	0,85	9
Грушанковые (прирусловые)	22,4	25,4	0,75	3	0,88	1
Средние данные по району	19,8	23,9	0,53	4	0,82	—
Сфагновые редины	16,7	22,8	0,10	5	0,52	—

Из табл. 1 следует, что в районе преобладают лиственничники багульниковые со средней полнотой около 0,5. Каждому типу леса соответствует определенная средняя полнота и отношение средних высот и диаметров. Наименьшее отношение принадлежит сфагновым рединам, большее — грушанковым, брусничным и борovým типам леса.

На формообразование стволов деревьев влияет комплекс факторов, поэтому важно знать, какой из них является определяющим.

Варьирование средних  $q_2$  для совокупности древостоев самого различного возраста (приспевающих, спелых и перестойных) в разных условиях местообитания, по данным 38 пробных площадей, составило:

Средние $q_2$	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76
Число проб	1	1	6	14	8	4	3	1

Средний  $q_2 = 0,69 \pm 0,004$ ; среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 0,028$ ; коэффициент вариации  $C = 4,1\%$ ; показатель точности  $P = 0,6\%$ .

Изучение средних  $q_2$  стволов в лиственничниках одного V класса возраста (80—92 года) показало значительную их изменчивость:

Средние $q_2$	0,66	0,68	0,70	0,71	0,73
Число проб	1	2	2	1	1

Средний  $q_2 = 0,69 \pm 0,007$ ;  $\sigma = 0,023$ ;  $C = 3,4\%$ ;  $P = 1,3\%$ .

Таким образом, один возрастной признак незначительно сказывается на варьировании средних  $q_2$ .

Изменчивость средних  $q_2$  древостоев одного класса возраста и одного типа леса (семь пробных площадей в листвяге-брусничнике) по нашим данным в два с лишним раза меньше, чем в предыдущих примерах ( $C = 1,4\%$ ;  $\sigma = 0,01$ ;  $P = 0,5\%$ ). Это получилось потому, что более однородные условия снижают изменчивость признаков. Из курса лесной таксации известно, что коэффициент  $q_2$  при одинаковой форме стволов уменьшается с увеличением высоты последних. В связи с этим при изучении формы стволов целесообразно использовать предложение проф. В. К. Захарова [1], согласно которому сбеги характеризуются относительными диаметрами через каждую десятую часть ствола, а диаметр на 0,1 принимают за 100%.

В 1960 г. опубликована статья В. С. Чуенкова [2], где даны средние проценты сбега в лиственничниках рододендроновых. Материал им собран в соседнем, Джелтулакском районе Амурской области, что позволило сделать сравнение, приводимое в табл. 2.

Таблица 2

Относительные высоты через 0,1 высоты стволов	Лиственничник-долгомшник (данные автора для 100 деревьев)				Лиственничник рододендроновый (данные В. С. Чуенкова для 200 деревьев)				Разница в сбегах, %	Достоверность различия
	число сбега, %	$\pm m$	C, %	P, %	число сбега, %	$\pm m$	C, %	P, %		
0,0	165,1	1,38	8,3	0,8	151,0	—	—	—	—14,1	—
0,2	92,7	0,36	3,9	0,4	89,8	0,22	3,5	0,3	— 2,9	7,1
0,3	86,4	0,42	4,8	0,5	83,3	0,30	5,2	0,4	— 3,1	5,9
0,4	80,6	0,41	5,1	0,5	76,3	0,32	7,4	0,4	— 4,3	3,4
0,5	73,6	0,52	7,1	0,7	70,0	0,42	8,5	0,6	— 3,6	5,6
0,6	64,8	0,52	8,0	0,8	60,9	0,46	10,6	0,8	— 3,9	5,6
0,7	54,1	0,60	11,1	1,1	50,6	0,49	13,6	1,0	— 3,5	4,2
0,8	40,3	0,68	16,8	1,7	37,7	0,56	20,8	1,5	— 2,6	3,0
0,9	21,8	0,68	31,0	3,1	20,9	0,56	35,0	2,6	— 0,9	1,1

Это сравнение наглядно подтверждает тесную связь среднего сбега стволов деревьев с типами леса. Различие в сбеге для всех случаев, кроме высоты 0,9, существенно, а сравниваемый материал качественно разнороден. Средние числа сбега определены нами для 18 древостоев разных возрастов и типов леса (обработано около 1000 учетных деревьев). Итоги этой работы сведены в табл. 3.

Таблица 3

Относительная высота древостоев	Средние числа сбега, %	Статистические показатели				Крайние классы сбега	
		$\pm m$	$\sigma$	C, %	P, %	слабый (+1,5 $\sigma$ )	сильный (-1,5 $\sigma$ )
0,1	100,0	—	—	—	—	100,0	100,0
0,2	92,5	0,22	0,92	0,9	0,2	93,9	91,1
0,3	86,8	0,27	1,20	1,3	0,3	83,6	85,0
0,4	80,1	0,34	1,44	1,7	0,4	82,3	77,9
0,5	72,4	0,40	1,71	2,4	0,5	75,0	69,8
0,6	62,7	0,43	1,85	2,9	0,7	65,5	59,9
0,7	51,8	0,51	2,20	4,2	0,9	55,1	48,5
0,8	37,8	0,62	2,66	7,0	1,6	41,8	33,8
0,9	20,9	0,49	2,09	10,0	2,3	24,0	17,8

Данные таблицы указывают, что относительный сберг на высоте 0,5H у древостоев колеблется меньше, чем коэффициент  $q_2$ , почти в два раза. Различие в этом случае, как и в табл. 2, существенно.

Кроме среднего сбега, мы определяли низкий и высокий классы формы стволов, считая их границами  $\pm 1,5\sigma$  от среднего значения. Разница в объеме, зависящая от формы ствола, для древостоев одинаковой высоты и диаметра составляет  $\pm 4\%$ . Древостои с высокой формой ствола при тех же размерах отличаются от древостоев низкой формы на 8%. Если же таксацию вести только по среднему сбегу стволов, то ошибки в определении запаса отдельных насаждений будут еще больше.

В результате исследования установлено, что лиственничники брусничные, боровые, грушанковые, долгомошники и зеленомошники следует таксировать по высокой форме ствола (слабый сберг); багульниковые, осоково-багульниковые и травянистые — по средней; заболоченные и рододендроновые, а также редины — по низкой (сильный сберг).

Изложенное говорит о том, что игнорирование условий местопроизрастания и таксационной характеристики модальных насаждений района может привести к неверным выводам о средней форме стволов, которую для совокупности всех насаждений следует определить как средневзвешенную по типам леса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. К. Захаров и др. Лесотаксационный справочник. Гиз, БССР, 1959.  
 [2]. В. С. Чуенков. Полнодревесность лиственницы даурской в Амурской области. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1960.

Поступила в редакцию  
10 октября 1962 г.

## О ФИЗИОЛОГИИ СОЗРЕВАНИЯ И ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО

*А. И. САВЧЕНКО*

Кандидат сельскохозяйственных наук

(БелНИИЛХ)

Установлено, что семена ясеня обыкновенного требуют длительной стратификации, особенно если они собраны с деревьев в сентябре — октябре и позднее. Подсушка семян также удлиняет этот процесс. Попытки многих исследователей сократить срок стратификации не дали до сих пор положительных результатов. В созревших семенах ясеня обыкновенного, произрастающего севернее 48-й параллели, длина зародыша достигает  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  длины семени. В связи с этим требуется доразвитие зародыша после сбора семян. Для этого нужно стратифицировать семена.

Мы провели некоторые работы по изучению физиологических процессов по фазам созревания семян. Сбор их и анализ микрохимическим и химическим (по Сокслету) методами был начат с первых чисел июля, когда семена находились в фазе молочной спелости, и продолжался периодически, примерно через каждую декаду, до 4 октября. При этом было отмечено, что молочная фаза созревания в условиях БССР заканчивается в III декаде июля, восковая — в III декаде августа, полное созревание наступает в первой декаде сентября. Сроки наступления этих фаз могут отклоняться в ту или иную сторону в зависимости от погодных условий не более, чем на 10 дней. В табл. 1 приводится динамика влажности и содержания жиров в семенах в процессе созревания и хранения.

Повышение влажности в фазе молочной спелости и дальнейшее ее снижение вызывается тем, что до 3 июля усиленно развивается крыло и очень слабо семя. В дальнейшем масса семени увеличивается по сравнению с общей массой крылатки. На этом этапе развития семя насыщено большим количеством воды, чем крыло. На более поздних этапах молочной спелости в плодах ясеня обыкновенного увеличивается процент содержания воды, который затем снижается, и семя вступает в фазу восковой спелости.

Жиры фиксируются на самом раннем этапе развития семени, в то время как в корешке и семядолях зародыша появление жиров отмечено на последнем этапе молочной спелости. Как видно из табл. 1, процент жиров интенсивно возрастает до фазы полной спелости, которая наступает в условиях Белоруссии в конце III декады августа и в начале I декады сентября. Процент жиров в эндосперме незначительно увеличивается и после фазы полной спелости. В корешке и семядолях зародыша повышение процента жиров продолжается около месяца после наступ-

Таблица 1

Фаза созревания	Дата		Влажность, % к абс. сухому весу	Жиры, %		
	сбора	посева		в эндосперме	в корешке зародыша	в семядолях зародыша
Молочная	3.VII	3.VII	165,0	4,3	—	—
"	13.VII	13.VII	220,5	5,8	Признаки	
"	22.VII	22.VII	241,8	7,5	4,5	3,7
Восковая	2.VIII	2.VIII	184,0	11,6	6,2	4,0
"	12.VIII	12.VIII	165,1	15,2	7,0	1,5
"	22.VIII	22.VIII	140,6	16,8	8,3	5,0
Полная	1.IX	1.IX	126,0	18,2	10,0	5,7
"	12.IX	12.IX	111,0	18,4	11,2	6,2
"	22.IX	22.IX	74,0	18,6	12,3	6,7
"	4.X	4.X	44,0	18,8	13,0	7,2
"	"	24.X	15,8	19,2	12,6	7,0
"	"	4.XI	13,4	19,6	12,5	6,3
"	"	14.XI	12,7	20,0	12,3	6,0
"	"	24.XI	11,0	20,3	12,0	5,5
"	"	3.XII	8,7	20,6	11,0	5,2
"	"	14.XII	7,2	20,9	10,5	5,0
"	"	24.XII	7,2	20,9	10,0	4,7

ления фазы полной спелости, а затем несколько уменьшается. По мере созревания семян уменьшается их влажность и возрастает процент жиров в эндосперме.

Между количеством жиров и воды в семенах ясеня обыкновенного существует обратная корреляционная взаимосвязь (табл. 2).

Таблица 2

Название периода, для которого установлена корреляционная взаимосвязь	Продолжительность периода	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Показатель достоверности коэффициента корреляции	% вариации влажности семян	% вариации содержания жиров в семенах	Число вариантов
Созревание семян	С 3.VII по 4.X	-0,76	0,13	39,6	40,0	5,7	10
Созревание и хранение семян	С 3.VII по 24.XII	-0,90	0,05	89,0	32,5	18,0	17

Практическое значение данного обстоятельства состоит в том, что с влажностью семян связано их качественное состояние, их жизнеспособность, продолжительность «семенного покоя» и предпосевной подготовки и, наконец, грунтовая всхожесть. Следовательно, влажность семян как весьма существенный и ведущий фактор должна интересовать лесовода при их заготовке, хранении и предпосевной подготовке.

Известно, что растительные жиры являются сложным и довольно устойчивым химическим соединением. В результате длительного гидролиза при хорошем доступе кислорода получаются сахара и другие вещества, идущие на питание зародыша. Чем больше подсыхают семена, тем большее время требуется на предпосевную подготовку.

Мы проследили, как изменяется процент жиров и крахмала в процессе стратификации. Полученные данные приведены в табл. 3, из которой видно, что процент жиров в эндосперме, корешке и семядолях зародыша семян с момента закладки на стратификацию до прорастания постепенно уменьшается. Под воздействием фермента липазы

Таблица 3

Дата взятия пробы	Количество жиров, %			Количество крахмала, %		
	в эндосперме	в корешке	в семядолях	в эндосперме	в корешке	в семядолях
До закладки в стратификацию	20,9	14,9	8,8	—	Признаки	
После месячной стратификации	20,5	14,3	13,2	—	3,3	5,3
» 2-месячной »	19,5	13,5	12,4	Признаки	5,1	3,9
» 3 » »	18,5	13,0	11,5	3,5	5,6	5,4
» 4 » »	17,0	12,0	11,0	4,6	7,1	5,8
» 5 » »	16,2	11,7	10,0	Признаки	4,0	5,7
» 6 » »	15,0	11,4	9,6	»	3,0	2,5
После прорастания семян	10,7	1,6	5,3	—	2,5	6,6

жиры превращаются в сахара. Процент жиров в корешке зародыша постепенно уменьшается до седьмого месяца стратификации, а в период прорастания резко падает. В семядолях отмечено увеличение процента жиров до второго месяца стратификации. Появление крахмала в эндосперме зафиксировано на третьем месяце стратификации, на пятом месяце он почти исчезает. В корешке и семядолях крахмал фиксировался уже на первом месяце стратификации, после чего процент его возрастал до четвертого месяца включительно. На этом этапе зародыш достигает размеров семени, после чего идет накопление питательных веществ для следующего этапа роста — выхода корешка, а затем и семядолей, из семени. Процент крахмала в этой части семени снижается до прорастания, в период которого он опять значительно увеличивается.

Нашими опытами, проведенными в 1953—1955 гг. и в 1959—1961 гг., установлено, что семена ясеня обыкновенного (произрастающего в БССР), собранные в III декаде августа, требуют стратификации в течение 6—7 месяцев, собранные в октябре и позже — от 8 до 9 месяцев. Такой срок не позволяет производству (из-за недостатка времени с положительными температурами) подготовить эти семена к весеннему посеву так, чтобы они в ту же весну дали дружные всходы. В связи с этим семена, полученные в сентябре и позже, следует закладывать на стратификацию в начале июля следующего года. Это дает возможность хорошо подготовить семена для высева в грунт в марте—апреле с полной гарантией обеспечения дружных всходов. В этом случае никогда не будет так называемых «мертвых» посевов, но потребуются около 19 месяцев со дня сбора до дня посева семян в грунт.

Наиболее благоприятны для стратификации семян ясеня обыкновенного следующие условия. В первые 3—4 месяца необходима температура 18—20° С, при которой протекает интенсивный рост зародыша, достигающего за это время размеров семени; в последующие 3—4 месяца необходимо воздействие температур +2 — 5° С. Эта закономерность подтверждается литературными данными. Хорошим субстратом для стратификации является торфяная крошка, влажность которой в 45% от полной влагоемкости наиболее благоприятна, так как обеспечивает лучшую аэрацию, чем рекомендуемая рядом авторов влажность 60—70%.

Наряду с этим интересно отметить выявленную нами характерную особенность семян ясеня обыкновенного, которая состоит в том, что стратификация при температуре 18—20° С в течение 720 дней не вызывает прорастания семян. Зародыш при этом достигает размеров семени за первые 120—130 дней, дальше не развивается и не прорастает без воздействия более низких температур порядка +2 — 5° С.



Применение ряда вариантов воздействия на семена ясеня обыкновенного термических факторов (разные температуры при замочке семян и их стратификации), ростовых веществ (вытяжки из распускающихся почек ясеня, клена, липы), химикатов (вытяжка из древесной золы) не дало существенных положительных результатов.

Наши опыты привели нас к мысли найти такую степень созревания семян для условий Белоруссии, которая сократила бы сроки предпосевной подготовки и обеспечила бы весной дружные всходы с хорошей грунтовой всхожестью и хороший рост сеянцев.

Для выяснения этих вопросов были заложены опыты. Семена ясеня обыкновенного собирали с одного и того же дерева, начиная с 13 июля, анализировали, определяли вес 1000 шт., процент жиров в эндосперме, в корешке и семядолях зародыша, доброкачественность и фазу созревания (табл. 4). Было установлено, что семена этой породы в условиях Белоруссии достигают восковой спелости в I декаде августа. В грунт семена начали высевать (в день сбора) с 12 августа и продолжали до 14 ноября с интервалами примерно в 10 дней. Глубина заделки — 3 см. На 1 пог. м высевали 200 шт. Посевы покрывали мхом слоем 5 см с тем, чтобы предохранить верхний слой почвы от пересыхания.

Таблица 4

Фаза созревания	Дата		Доброкачественность, %	Техническая грунтовая всхожесть, %	Процент сохранившихся сеянцев		Средняя высота 2-летних сеянцев, см	Средний диаметр 2-летних сеянцев, мм
	сбора	посева			в одно-летнем возрасте	в двух-летнем возрасте		
Восковая	12.VIII	12.VIII	94,0	49,0	91,2	90,8	31,3	5,5
"	22.VIII	22.VIII	93,3	59,0	91,5	89,8	39,4	6,1
Полная	1.IX	1.IX	88,3	49,5	91,9	90,9	36,9	5,8
"	12.IX	12.IX	86,7	18,0	77,7	77,7	40,1	6,6
"	22.IX	22.IX	87,0	10,0	90,0	90,9	39,5	6,1
"	4.X	5.X	88,3	—	—	—		
"	"	24.X	"	—	—	—		
"	"	4.XI	"	—	—	—		
"	"	14.XI	"	—	—	—		

Семена взошли через год после посева, грунтовая всхожесть их 7—14%

Данные табл. 4 показывают, что наиболее приемлемым сроком посева является III декада августа. Семена, посеянные в октябре и ноябре, проросли через год при очень низкой грунтовой всхожести.

Степень созревания семян к 22 августа, при которой наблюдалась наибольшая техническая грунтовая всхожесть, относится к последнему или переходному этапу от восковой к полной фазе зрелости. В этот период крылатки имеют еще зеленоватые, с желтым оттенком, семена буроватого цвета, влажность — 140,6% веса абс. сухого вещества, зародыш составляет  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  величины семени, процент жиров в эндосперме — 16,8, в корешке зародыша — 8,3 и семядолях — 5. Такое состояние семян является, как показывает наш многолетний опыт, самым благоприятным для роста и развития зародыша в наиболее короткое время (6—7 месяцев, вместо 8—9), о чем свидетельствует высокая грунтовая всхожесть. Устойчивость сеянцев, их сохраняемость и рост, как видно из данных табл. 4, не уступают качественным показателям сеянцев, выращенных из семян более позднего сбора и посева (12—22.IX).

Из полученных данных следует, что в условиях БССР сбор и посев семян ясеня обыкновенного следует производить в течение III декады августа. Для других географических зон этот срок должен быть уточнен опытным путем.

Поступила в редакцию  
14 марта 1962 г.

## ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ

**Н. Т. СМЕРНОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Приморский сельскохозяйственный институт)

Часто приходится таксировать молодые древостои, особенно при исследовательских работах, требующих повышенной точности. При этом иногда используются закономерности и правила, установленные для более старых насаждений, что ведет к значительным погрешностям.

Сосновые насаждения искусственного происхождения в возрасте 15—30 лет часто имеют полноту по площади сечения и по запасу более 1,0. Это объясняется отчасти тем, что в связи с большим количеством маломерных, сильно отставших в росте деревьев в них занижена высота, а следовательно, и класс бонитета.

Характер изменения сумм площадей сечения в культурах сосны сильно отличается от показателей таблиц хода роста, составленных А. В. Тюриным. В первом случае прирост по площади сечения непрерывно и значительно возрастает до 40-летнего возраста, тогда как во втором он достигает максимальной величины в самом молодом возрасте и уже с 20 лет начинает падать.

В связи с большой густотой посевных культур сосны и наличием большого количества мелких, сильно отставших в росте деревьев наблюдаются значительные отличия в строении древостоев от общего ряда распределения [2].

По исследованиям А. В. Тюрина, распределение деревьев по естественным ступеням толщины не зависит от породы, класса бонитета, полноты, диаметра и лишь в небольшой степени связано с возрастом насаждений. В сосновых молодняках распределение определяется в основном средним диаметром насаждений.

При большой загущенности молодняков преобладают тонкомерные деревья, которые на распределение деревьев по ступеням толщины влияют сильнее, чем на величину среднего диаметра.

Формула для определения средней площади сечения, а следовательно, и среднего диаметра древостоя ( $g_{\text{ср}} = \frac{G}{N}$ ) выведена из соотношения

$$g_{\text{ср}} h_{\text{ср}} f_{\text{ср}} = \frac{g_1 h_1 f_1 n_1 + g_2 h_2 f_2 n_2 + \dots + g_n h_n f_n n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}$$

в предположении равенства видовых высот по отдельным ступеням толщины. Однако, как установил еще Вейзе, такое равенство допустимо для насаждения свыше 12 м или старше 30 лет. В более молодых на-

саждениях определение среднего диаметра через площадь сечения дает завышенные результаты.

Важнейшим таксационным показателем насаждения, особенно в молодом возрасте, является средняя высота. Принято считать, что наиболее точным способом ее определения является формула Лорея, через площадь сечения

$$H = \frac{h_1 g_1 + h_2 g_2 + \dots + h_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n},$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — высота отдельных ступеней толщины;

$g_1, g_2, \dots, g_n$  — площадь сечения деревьев в каждой ступени.

Однако в применении к молоднякам высота, найденная по этой формуле, получается завышенной.

Перечет 15-летних культур сосны на пробной площади величиной 0,05 га показал, что средний диаметр их составляет 3,9 см, которому по кривой высот соответствует средняя высота 4,0 м. В то же время средняя высота этих культур, вычисленная через площадь сечения, равна 4,7 м (разница 17%). В связи с этим и запас, найденный по основной формуле ( $M = G \cdot H \cdot F$ ), при использовании вычисленной через площадь сечения высоты, оказывается завышенным по сравнению с запасом, полученным по тем же формуле и исходным данным, но отдельно для каждой ступени толщины. При этом среднее видовое число, вычисленное первым способом, является заниженным, так как дерево такой полндревесности оказывается расположенным в более высокой ступени толщины по сравнению со средним по диаметру деревом.

Среднее модельное дерево с высотой, найденной по формуле Лорея, не является реальным, а если такое дерево имеется в культурах, то оно имеет сильно вытянутый, мало сбежистый ствол, высоко посаженную крону и не типично.

На основании многочисленных исследований различных авторов установлено, что наибольшая высота деревьев в насаждении на 15—16% выше, а наименьшая — на 30% ниже средней. В молодых же культурах различия между этими высотами в насаждении могут достигать 100% и больше.

Коэффициент формы молодых насаждений, прежде всего, зависит от высоты ствола. При небольшой высоте дерева он всегда бывает очень большим, даже тогда, когда ствол имеет очень большой сбеж. В связи с этим коэффициент формы не может иметь большого значения для характеристики формы ствола, которая в молодом возрасте в большей мере определяется относительной высотой.

Важным признаком, особенно в применении к молоднякам, является относительная высота древостоя, однако в последнее время этот признак очень редко используется для характеристики насаждений.

Относительная высота древесного ствола в молодом возрасте показывает на соотношение между ростом в высоту и по диаметру, характеризует сбежистость, полндревесность и форму ствола точнее и надежнее, чем коэффициент формы и видовое число. К тому же она определяется более просто. В культурах, созданных посевом семян в площадки, густота древостоев бывает весьма неравномерной. В связи с этим полученное при перечете общее число стволов слабо отражает действительную густоту стояния деревьев и их состояние. Кроме того, оптимальная густота сильно изменяется в зависимости от возраста, условий местопроизрастания и других факторов. Даже в пределах одного и того же насаждения для одних категорий деревьев она может быть оптимальной, а для других больше или меньше.

Более объективным показателем густоты древостоев является относительная высота. По ее величине косвенно можно судить о степени очищения стволов от сучьев, развития кроны, охвоенности деревьев, что в конечном счете определяет продуктивность и общее состояние насаждений. Она очень хорошо характеризует устойчивость культур к неблагоприятным внешним воздействиям.

При большой относительной высоте деревья имеют чрезмерно вытянутые стволы, слабо и неравномерно развитые, высоко приподнятые кроны, небольшую массу хвои, в связи с чем наблюдается падение прироста в высоту и по диаметру. Такие деревья сгибаются и ломаются под действием ветра и снега и в большом количестве засыхают. В связи с этим данные об относительной высоте помогают при проектировании мер ухода за лесом. Задача лесоводов состоит в том, чтобы установить, какая относительная высота является оптимальной. Ориентировочно можно считать, что оптимальные условия роста, развития и лучшее состояние молодняков наблюдаются при относительной высоте стволов от 90 до 120. В зависимости от древесной породы, возраста и лесорастительных условий она может изменяться от 80 до 140.

При небольшой относительной высоте стволы характеризуются большой сбежистостью, сукноватостью, низко опущенной кроной, слабым приростом в высоту, признаками стадийного старения (по В. Г. Нестерову), часто имеют развилки, искривленность, фаутность.

У молодых деревьев прирост откладывается по стволу очень неравномерно, в связи с чем определение его по какому-либо одному сечению ведет к большим погрешностям. Прирост по диаметру значительно возрастает от основания к вершине ствола; при этом различия тем больше, чем меньше высота ствола и больше прирост в высоту.

Некоторые различия имеются и в объемах стволов культур сосны по сравнению с существующими массовыми таблицами, так как большинство таблиц составлено для крупномерных стволов. Поэтому приводим табл. 1 объемов малномерных стволов сосны в культурах, составленную на основании обмеров 374 модельных деревьев, взятых в основном в свежих условиях лесостепи (Пензенская область). Объемы моделей диаметром до 4 см определяли километром, а более крупных — по секциям длиной 0,5 или 1,0 м. Проверка показала, что показатели этой таблицы можно использовать для других областей и зон.

Объемы стволов, приведенные в таблице, несколько меньше по сравнению с объемами стволов сосны при среднем коэффициенте формы по таблицам Д. И. Товстолеса [3] и В. К. Захарова [1].

По В. К. Захарову они очень близки к объемам параболоидов второго порядка соответствующих размеров, а в некоторых случаях полностью совпадают с ними. По нашим данным, объем стволов сосны в культурах меньше объема параболоида. Только очень мелкие деревья полнодревеснее параболоида. Это объясняется наличием прикорневых наплывов, влияние которых возрастает с уменьшением размеров дерева, когда наплывы составляют значительную долю общего объема ствола. Прикорневые наплывы увеличивают сбежистость, а известно, что при малых высотах самое сбежистое дерево оказывается самым полнодревесным и что при высотах до 4 м конус полнодревеснее параболоида.

С уменьшением таксационного диаметра различия в положении средней площади сечения по отношению к половине длины ствола возрастают и, следовательно, ошибка в определении объема по формуле срединного сечения увеличивается. При подсчете по этой формуле объемы стволов в молодняках оказываются заниженными (до 40%), в связи с чем применение ее следует признать нецелесообразным.

Таблица 1

Диаметр на высоте груди, см	Объемы маломерных стволов сосны в культурах (0,0001 м <sup>3</sup> ) при высотах деревьев (м)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,0	2	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	4	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	6	8	10	12	15	—	—	—	—	—	—
2,5	9	12	15	18	21	—	—	—	—	—	—
3,0	13	16	20	24	28	32	—	—	—	—	—
3,5	—	21	26	31	37	43	—	—	—	—	—
4,0	—	28	34	40	47	54	61	68	—	—	—
4,5	—	—	44	51	58	66	74	82	—	—	—
5,0	—	—	56	63	70	78	87	98	110	—	—
5,5	—	—	69	76	84	94	104	117	130	—	—
6,0	—	—	83	90	100	112	125	138	152	167	—
6,5	—	—	98	106	117	131	146	162	179	198	—
7,0	—	—	114	123	135	150	168	188	209	231	255
7,5	—	—	—	141	154	172	191	215	240	265	290
8,0	—	—	—	160	174	195	218	245	273	300	327
8,5	—	—	—	180	196	222	250	273	307	337	369
9,0	—	—	—	200	225	254	283	312	346	380	414
9,5	—	—	—	225	255	285	316	347	385	423	461
10,0	—	—	—	255	285	316	350	384	424	466	508
10,5	—	—	—	—	315	349	385	423	463	509	556
11,0	—	—	—	—	345	382	420	463	505	553	605
11,5	—	—	—	—	375	415	457	503	550	598	653
12,0	—	—	—	—	405	448	495	544	595	648	701
12,5	—	—	—	—	—	—	535	585	640	695	752
13,0	—	—	—	—	—	—	580	630	685	742	803
13,5	—	—	—	—	—	—	630	680	735	790	855
14,0	—	—	—	—	—	—	680	730	785	845	910

Принято считать, что видовое число бывает больше 1,0 при высоте ствола менее 2,6 м. В действительности же в молодняках, на объемы стволов которых большое влияние оказывают прикорневые наплывы, видовое число больше 1,0 наблюдается при высоте до 4 и даже 5 м. Принято также считать, что оно изменяется, главным образом, в зависимости от высоты дерева. Однако в молодняках, по той же причине, видовое число ствола изменяется с увеличением диаметра не меньше, чем под влиянием высоты, так как при этом резко снижается доля участия прикорневых наплывов в объеме ствола.

Таким образом, по всем основным таксационным показателям искусственные сосновые молодняки в той или иной степени отличаются от окончательно сформировавшихся естественных насаждений, что необходимо учитывать при их таксации.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. В. К. Захаров. Методы промышленной сортиментации леса на корне. Изд. 2, Гослесбумиздат, 1957. [2]. А. В. Тюрин. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. 2-е изд., М.-Л., 1931. [3]. А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. Лесная вспомогательная книжка. Гослесбумиздат, 1956.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

ВОПРОСЫ МЕХАНИЗАЦИИ УКЛАДКИ И ПЕРЕКЛАДКИ  
СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ  
УЗКОКОЛЕЙНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**Б. И. КУВАЛДИН**

Доцент, кандидат технических наук

**Г. П. ЕГОРОВ**

Ассистент

(Московский лесотехнический институт)

Наряду со все более широким применением на лесовозных укладочных звеньевой укладки и перекладки пути неизбежно встает вопрос о механизации перекладки стрелочных переводов.

При перекладке стрелочных переводов, в связи с периодической разборкой и сборкой, многократно повторяются одни и те же операции. Кроме того, при разборке переводов и перевозке их деталей часто теряют вкладыши, болты, гайки и другие мелкие детали (особенно зимой), что задерживает сборку, а часто приводит к эксплуатации переводов, не имеющих всех необходимых деталей.

Ручная укладка и разборка стрелочных переводов задерживает и ограничивает звеньевую укладку и перекладку усов и веток и в связи с большой затратой ручного труда на эту работу (до 1500—2000 чел.-дн.) снижает комплексную выработку на одного рабочего.

При изучении возможных способов механизации были рассмотрены следующие схемы:

а) подсовывание под приподнятый стрелочный перевод металлического листа (пэна) и перевозка переводов на новое место волоком по рельсам;

б) перевозка переводов на низких тележках;

в) использование полноповоротных кранов-путьекладчиков;

г) использование кранов, установленных на тракторах и трелевочных тракторах;

Для обеспечения механизации укладки и снятия перевода необходимо, чтобы последний представлял жесткую раму, кратную длине одного или двух рельсовых звеньев.

Создание жесткой рамы упрощает механизированную перекладку, позволяет сохранить от потерь детали перевода, облегчает его содержание, ввиду неизменности размеров, и позволяет исключить повторение ряда работ. Если подъем и укладку звеньев производят полноповоротные краны или переводы перевозятся трелевочными тракторами, максимальная ширина неразборного перевода может достигать 2,4—2,5 м. если консольные путьекладчики, то не больше 1,8 м.

При перекладке переводов при помощи полноповоротных кранов и одноконсольных порталных путеукладчиков типа ППР большим неудобством является то, что снятый стрелочный перевод неизбежно будет заложен звеньями, снятыми после него. Этот недостаток отсутствует при укладке трактором с боковой стрелой, передвигающимся вдоль состава с пакетами звеньев, а также двухконсольным путеукладчиком, на котором имеется площадка для размещения звеньев или стрелочного перевода. Удобен путеукладчик СРП-2. При его использовании звено-стрелочный перевод или стрелочный перевод, состоящий из двух звеньев, можно укладывать непосредственно на путеукладчик и даже закладывать другими звеньями. На рис. 1 показано расположение стрелочного перевода, состоящего из двух звеньев, на платформе путеукладчика.

При работе путеукладчика звенья, лежащие над стрелочным переводом, снимают и укладывают в путь, а затем используют звенья, находящиеся на платформах за путеукладчиком. Стрелочный перевод расположен на самом путеукладчике и может быть уложен в путь в любой момент. Поступление на вооружение леспромхозов значительного количества путеукладчиков СРП-2 позволяет широко использовать их для механизированной укладки и перекладки стрелочных переводов.

Другим затруднением, возникающим при разработке технологии механизированной перекладки переводов, является то, что обычно стрелочные переводы односторонние. При ручной укладке и разборке это обстоятельство не вызывает затруднений, так как разборный перевод при сборке на новом месте может быть сделан как правым, так и левым. Для того чтобы не задерживалась работа при наличии неразборных переводов, надо на магистрали или ветке в том месте, где начинаются ответвления усов, устраивать промежуточные (буферные) склады правых и левых переводов так, как это показано на рис. 2. В тех случаях, когда и снимаемый и укладываемый переводы имеют ответвление в одну сторону, буферный склад использоваться не будет, а снятый перевод будут сразу перевозить к месту укладки. В том случае, когда ответвление бокового пути у снимаемого перевода направлено в одну сторону, а на новом месте в другую, путеукладчик подвозит снятый перевод к промежуточному складу, где его оставляют, а требуемый перевод забирают и перевозят к месту укладки. Такая схема работы позволит использовать неразборные односторонние переводы и механизировать перекладку, но требует некоторого резерва стрелочных переводов.

Кроме того, при использовании буферного склада несомненно будут лишние непроизводительные затраты времени бригады и путеукладчика на подвоз перевода к промежуточному складу, его разгрузку и погрузку другого перевода.

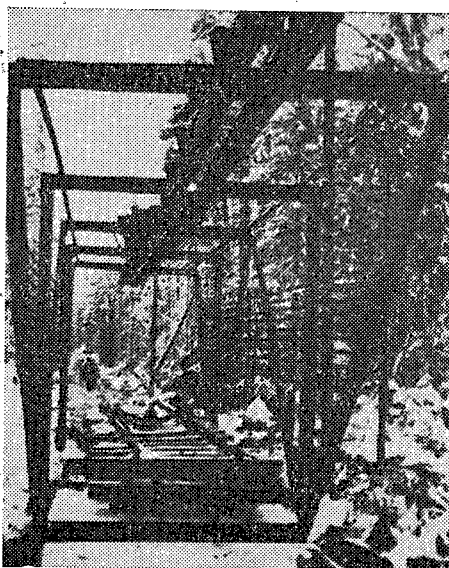


Рис. 1. Размещение сварного стрелочного перевода, состоящего из двух звеньев, на платформе путеукладчика СРП-2.

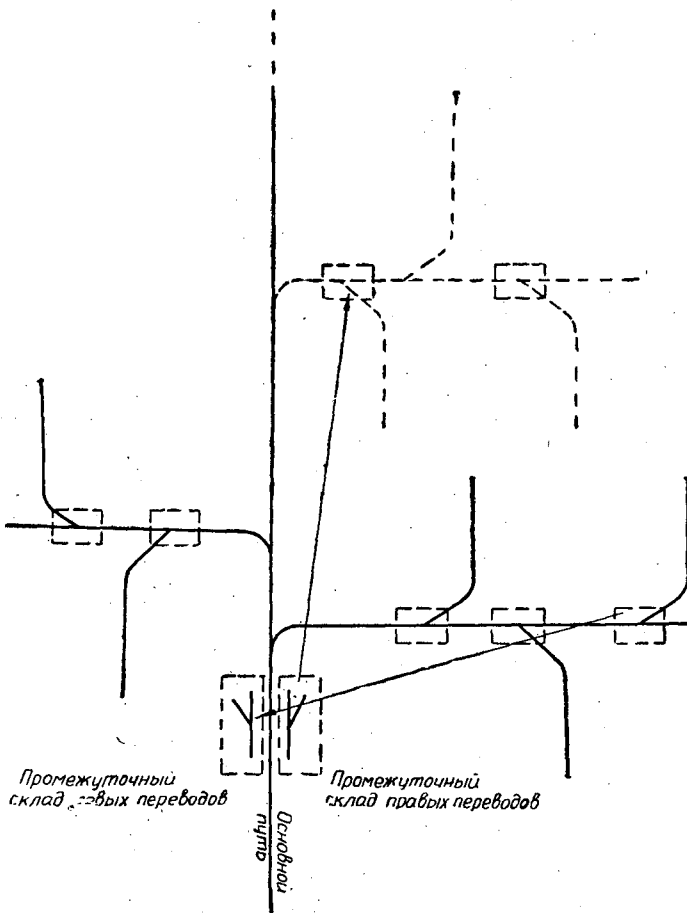


Рис. 2. Схема перекладки сварных односторонних стрелочных переводов.

Эти недостатки исчезают, если на усах вместо обычных односторонних укладывать симметричные стрелочные переводы. В этом случае любой снятый перевод может быть сразу же перевезен на другой ус и уложен в путь, как показано на рис. 3. Конечно, в этом случае имеет место некоторое искривление основного пути (уса или ветки), но незначительный угол поворота и относительно большой радиус кривизны при тех скоростях движения, которые допускаются на усах, делают такое искривление не опасным.

Следует подчеркнуть, что симметричные стрелочные переводы имеют ряд положительных свойств: а) при одинаковой длине острьяков углы, составленные рабочими гранями острьяков с направлением прямого пути (угол удара) вдвое меньше, чем в обыкновенных стрелках, поэтому при одной и той же скорости и массе движущегося подвижного состава удар в остряк будет в четыре раза слабее; б) при одинаковой длине перевода радиус переводной кривой почти в два раза больше, а следовательно, и условия движения подвижного состава значительно лучше; при одинаковых радиусах кривых эти переводы получаются значительно короче, чем обыкновенные односторонние; в) сохраняя длину



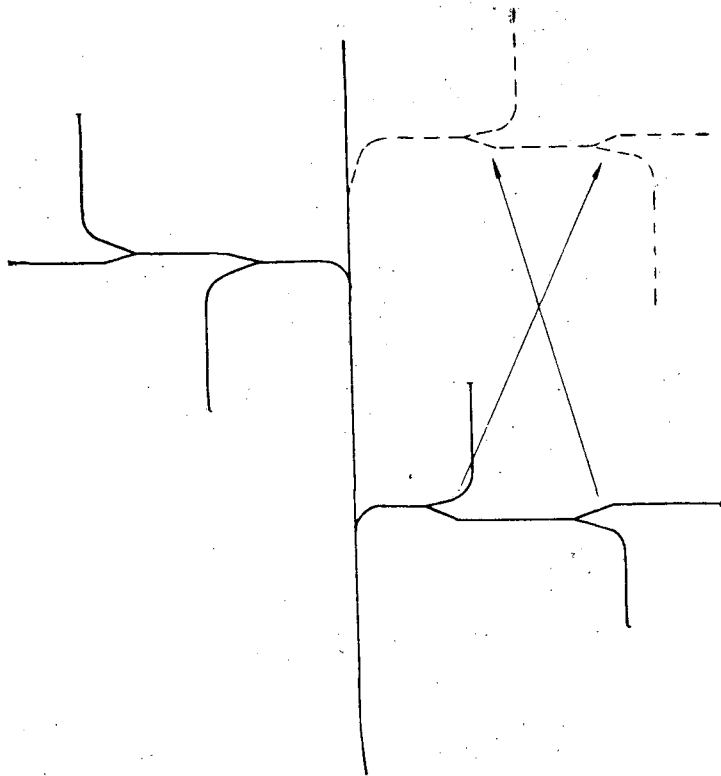


Рис. 3. Схема перекладки симметричных стрелочных переводов.

перевода и радиус кривой, можно брать более тупые крестовины, в которых вредное пространство короче.

На кафедре сухопутного транспорта леса Московского лесотехнического института было выполнено проектирование симметричных стрелочных переводов с различными параметрами. Первоначально была разработана эюра перевода с практической длиной 8 м. Механизированная укладка стрелочного перевода, состоящего из одной части, позволила бы свести до минимума трудовые затраты при укладке, так как в этом случае отпала бы надобность в соединении болтами двух частей и уменьшилось бы количество брусьев, пришиваемых на месте. Запроектированный и изготовленный стрелочный перевод имел марку  $\frac{1}{5}$  (крестовина переделана из крестовины марки  $\frac{1}{7}$ ). Радиус переводной кривой составлял всего 50,3 м. Опыты показали, что при использовании крана-путьукладчика СРП-2 укладка такого перевода в путь занимает всего 30—35 мин. Однако при эксплуатации перевода выяснилось, что из-за малого радиуса кривой возможно движение только с минимальными скоростями и что проезд по усу в районе укладки перевода неудобен. Поэтому последующие симметричные переводы проектировали с большими радиусом и длиной.

Хорошие эксплуатационные качества показал симметричный стрелочный перевод марки  $\frac{1}{7}$  с практической длиной 16 м, состоящий из двух звеньев по 8 м. «Звено-стрелку» и «звено-крестовину» соединяли в стыках, расположенных по наугольнику. При перекладке звено-стрелку с полностью пришитыми брусьями (кроме флюгарочных) захватывали

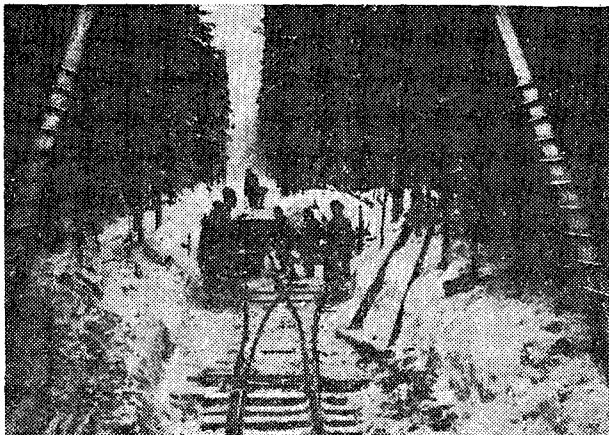


Рис. 4. Общий вид уложенного симметричного стрелочного перевода.

двумя тракторными чокерами, а звено-крестовину — полуавтоматическим захватом путеукладчика за специально приваренные отрезки рельсов в районе центра тяжести перевода (рис. 4).

Опыт эксплуатации этого симметричного перевода позволил в дальнейшем спроектировать элюру стрелочного перевода марки  $1/7$  с радиусом кривых 105 м. Расчетная длина такого перевода составляет 11,04 м, а практическая — 16 м. Это достигается путем приварки ванним способом рубок необходимой длины к началу рамных рельсов. Перевод превращают в жесткую раму путем приварки к подошвам металлических полос или рубок рельсов. Эюра такого перевода из рельсов Р18, имеющего два звена общей длиной 16 м, приводится на рис. 5 (а, б). Римскими цифрами отмечены металлические поперечные связи, к которым приваривают детали стрелочного перевода (рамные рельсы, рельсы переводных кривых, крестовину, контррельсы).

Размеры основных элементов перевода, схема которого показана на рис. 5 (а, б), следующие:

длина прямых остряжков	— 2290 мм;
длина рамных рельсов	— 2930 мм (до сварки);
стрелочный угол	— $2^{\circ}09'$ ;
радиус переводной кривой	— 105061 мм;
марки и угол крестовины	— $1/7$ — $8^{\circ}07'48''$ ;
передний вылет крестовины	— 1000 мм;
задний вылет крестовины	— 1428 мм;
расстояние от центра перевода до математического центра крестовины	— 5270 мм.

Комплект переводных брусьев специальной длины состоит из трех брусьев длиной 1,65 м; четырех — 1,80 м и по 2,0 м; двух — 2,2 м и одного — 2,4 м. Брусья длиной 2,0; 2,2 и 2,4 м при перекладке перевода отделяют от рам.

Эксплуатация стрелочного перевода с радиусом кривой 105 м, начатая в Зебляковском леспромхозе с 1959 г., показала безусловную целесообразность использования таких переводов. В этом случае обеспечивается безаварийное движение подвижного состава по усам. Звено-крестовину и звено-стрелку помещали непосредственно на платформу

путеукладчика СРП-2. При устройстве усов с помощью строительно-ремонтного поезда звенья укладывали до места, где требуется перевод, а затем кран подходил к концу последнего звена и начинал работу. Первой на усах он обычно укладывал звено-стрелку с подшитыми брусьями, которую захватывал тросовыми чокерами. После соединения болтами звена-стрелки со смежными ранее уложенными звеньями путеукладчик подавался в конец его и затем укладывал звено-крестовину. Последнее прикрепляли болтами к стрелке, устанавливали недостающие брусья; перевод рихтовали и на этом его укладку заканчивали. Вся операция занимала 45—55 мин. Общая производительность труда при этом способе была в 10—12 раз выше, чем при ручной укладке.

Практика показала целесообразность дальнейшего уменьшения стрелочного угла и угла крестовины и значительного увеличения радиуса переводной кривой. Практическая длина узкоколейного стрелочного перевода, равная 16 м, позволяет использовать более пологие марки крестовины.

Расчеты показали, что, используя детали типового стрелочного перевода из рельсов Р18, применяемых на ужд МПС с маркой крестовины 1/9, можно устраивать симметричный стрелочный перевод с радиусом переводной кривой 170 м, практической длиной 11252 мм и полной длиной перевода 13345 мм. Приваренные перед стрелкой отрезки рельсов длиной 2655 мм позволяют удлинить перевод до 16 м и сделать его из двух сварных звеньев.

Поступила в редакцию  
7 января 1963 г.

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОДАЧИ ДЕРЕВЬЕВ К РОТОРНЫМ СУЧКОРЕЗНЫМ СТАНКАМ ДВУМЯ ТЕЛЕЖКАМИ

**В. Е. ПЕЧЕНКИН**

Кандидат технических наук

**З. Н. ДРУЖИНИНА, Л. В. ИВАНОВ,  
С. Ф. КИРКИН, Д. И. КОДОЧИГОВ**

Инженеры

(Поволжский лесотехнический институт)

Одним из мероприятий, направленных на повышение производительности труда на лесоразработках, является перенесение части лесосечных работ на нижние склады предприятий. К таким работам прежде всего следует отнести обрезку сучьев и другие смежные операции.

В течение последнего десятилетия были разработаны десятки конструкций стационарных сучкорезных станков различного принципа действия. Перспективными из них, по общему признанию, являются роторные сучкорезные станки. Некоторые из этих машин (например, конструкция СевНИИПа, ПЛТИ, УЛТИ) проходят производственные испытания и в ближайшее время, видимо, поступят в серийное производство. Так как проектная производительность сучкорезных станков достигает 500—600 деревьев в смену, весьма актуальное значение приобретает проблема механизации подачи деревьев к станкам.

Как известно, процесс подачи в общем случае состоит из трех операций: отделения подаваемого дерева от пачки, находящейся на разгрузочной площадке, перемещения его по направлению к сучкорезному агрегату и введения комля ствола в подающий механизм станка. Эти операции могут выполняться или одним механизмом, или комплексом механизмов, каждый из которых предназначается только для одной операции. Рассмотрим последнее обстоятельство более подробно.

При любых возможных вариантах подачи деревьев к роторным станкам отделение от пачки может быть произведено рядом способов. Основные из них следующие: горизонтальное перемещение в сторону перпендикулярно оси пачки, подъем вертикально вверх и вытаскивание вбок с торца пачки. Во всех этих случаях отделяемое дерево остается параллельным оси пачки. Возможны также и другие способы, комбинированные из приведенных.

Применение первых двух способов позволяет свести к минимуму величину перемещения деревьев в процессе операции, что значительно уменьшает ее продолжительность. В практике такие способы были применены при подаче деревьев к сучкорезному станку СевНИИП, а также при использовании различных двухзахватных кранов-манипуляторов (например, конструкции УЛТИ и др.). В случае разъединения эти-

ми способами необходим захват дерева в двух точках, расположенных по обе стороны центра тяжести дерева. И если при ручном зацеплении дерева такая (довольно трудоемкая) работа осуществляется просто, то при механическом захвате надежность ее выполнения сомнительна. При любом способе вывозки (комлями в одну или в разные стороны) захват вершинной части дерева затруднен из-за плохой видимости ствола, особенно, если учесть, что в процессе погрузки и разгрузки пачек кроны деревьев могут переплетаться.

В случае применения третьего способа разъединения (вытаскивание вбок с торца пачки) минимальная величина перемещения, необходимая для отделения дерева от пачки, определяется его длиной. Этот способ (при вывозке деревьев комлями в одну сторону) наиболее удобен с точки зрения надежности механического захвата, так как место захвата находится в комлевой части. Аналогичными достоинствами обладают также и комбинированные способы — вытаскивание дерева вбок (с торца пачки) под углом или с подъемом вверх. Кроме того, как показал анализ результатов наблюдений, проведенных нами в Суслонгерском леспромхозе Марийского совнархоза и Шумерлинском леспромхозе Чувашской АССР, при комбинированных способах усилие разъединения примерно в 1,5—1,8 раза ниже, чем при первых трех способах.

Основной и наиболее трудоемкой операцией процесса подачи является перемещение подаваемого дерева к сучкорезному станку, которое заканчивается продольным перемещением. Механизм подачи должен центрировать ось дерева относительно оси сучкорезного станка, а для большинства существующих и разрабатываемых конструкций станков также поддерживать подаваемое дерево в горизонтальном положении. Комель дерева нужно подавать в ротор станка с допустимой по его технической характеристике точностью. Кроме того, механизм подачи не должен быть металлоемким и сложным; по своей производительности и скорости подачи он обязан полностью обеспечивать производительность сучкорезного станка. С учетом изложенного, нами был разработан и предложен ряд принципиально новых схем. Их всесторонний анализ показал, что при сменной производительности станков, равной 150—200 м<sup>3</sup> (а в перспективе 250—350 м<sup>3</sup>) подача деревьев к станкам должна производиться двумя механизмами, работающими параллельно. В этом случае процесс будет достаточно надежным, а два механизма обеспечат необходимую частоту подачи.

При вывозке деревьев комлями в разные стороны (на предприятиях с вывозкой по железным дорогам) применение двух подающих механизмов наиболее целесообразно сочетать с предварительным разворотом деревьев на 90°. Технологическая схема подачи для этого случая приведена на рис. 1. Как видно из схемы, сгруженные на разделочную площадку (комлями в разные стороны) деревья предварительно разворачивают двумя подающими механизмами, передвигающимися по навесным путям. Направление этих путей должно составлять с осью пачки угол, больший 90°. В конце навесного пути комель дерева передают на наземный транспортер, который разворачивает дерево и подает его на предстанковый транспортер или механизмы другого типа.

Рассматриваемая схема легко «вписывается» в технологический процесс нижних складов, базирующихся на вывозке по железной дороге, но может быть применена также и на предприятиях с автомобильной вывозкой. В последнем случае автомашины нужно подавать под разгрузку поочередно с разных сторон.

При вывозке деревьев комлями в одну сторону угол предварительного разворота может быть значительно уменьшен и доведен до

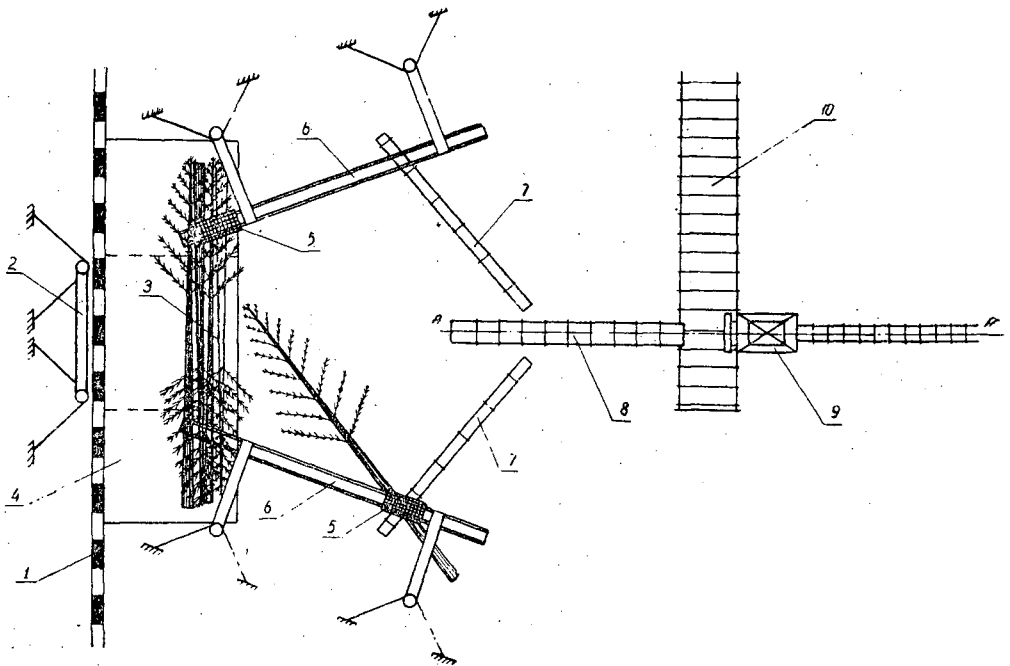


Рис. 1.

1 — лесовозная железная дорога; 2 — устройство для разгрузки; 3 — пачка деревьев; 4 — разгрузочная площадка; 5 — тележка-манипулятор; 6 — навесной путь; 7 — боковой транспортер; 8 — главный подающий транспортер; 9 — сучкорезный станок; 10 — транспортер для уборки отходов.

10—15°. Общая схема подачи при этом несколько видоизменяется путем изъятия двух боковых транспортеров (рис. 2). Как следует из рисунка, привезенные на нижний склад деревья сгружают на две разгрузочные площадки; оси пачки деревьев расположены под углом 10—15° к продолжению оси сучкорезного агрегата. Разворот и подачу деревьев к предстанковому подающему механизму производят при помощи двух тележек-манипуляторов с захватами.

Рассмотрим каждый из описанных способов и методику определения основных параметров всего комплекса механизмов подачи.

Схема разворота деревьев в первом случае представлена на рис. 3. Как видно из этой схемы, минимальным перемещение при развороте будет в том случае, если дерево займет положение  $OE$  на продолжении оси сучкорезного станка и вершиной будет касаться середины пачки. Для этого необходимо или подать дерево на половину длины в комлевую сторону и развернуть комель на  $90^\circ$  по окружности или переместить его параллельно оси сучкорезного станка в точку  $D$  и развернуть по дуге  $DE$ . В обоих случаях разворот потребует устройства специальных криволинейных направляющих (для механизма разворота) малого радиуса кривизны. К тому же разворот дерева по окружности или перемещение его по прямой  $AD$  приведет к облому вершины. Поэтому наиболее удобно и целесообразно разворот осуществлять путем перемещения его вначале под некоторым углом  $\alpha$  к линии  $AD$ , чтобы одновременно с разворотом дерева происходило перемещение кроны вдоль пачки.

Дальнейшее перемещение дерева к подающему механизму может производить наземный транспортер или тележка, направление движения которых наиболее целесообразно принять параллельным касательной  $BC$ , проведенной из точки  $B$ . При отклонении направления транс-

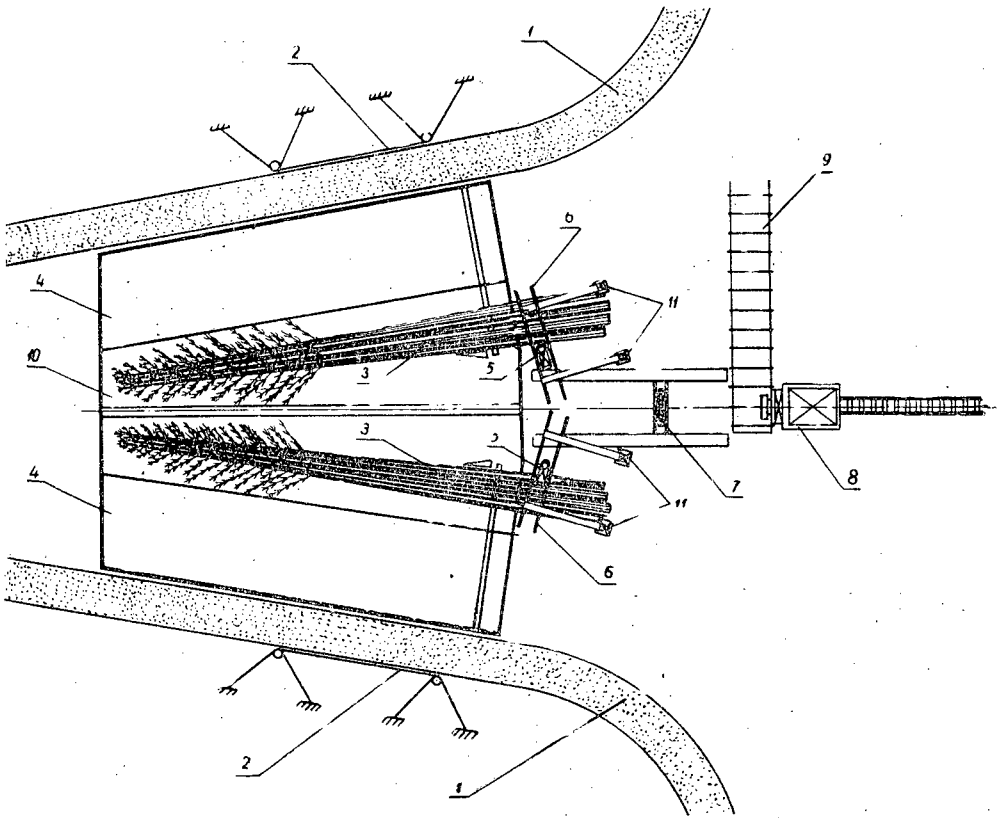


Рис. 2. 1 — лесовозная автодорога; 2 — устройство для разгрузки деревьев; 3 — пачка деревьев; 4 — разгрузочная площадка; 5 — тележка-манипулятор; 6 — навесной путь; 7 — подающий транспортер; 8 — сучкорезный станок; 9 — транспортер для уборки отходов; 10 — направляющий транспортер; 11 — опоры навесного пути.

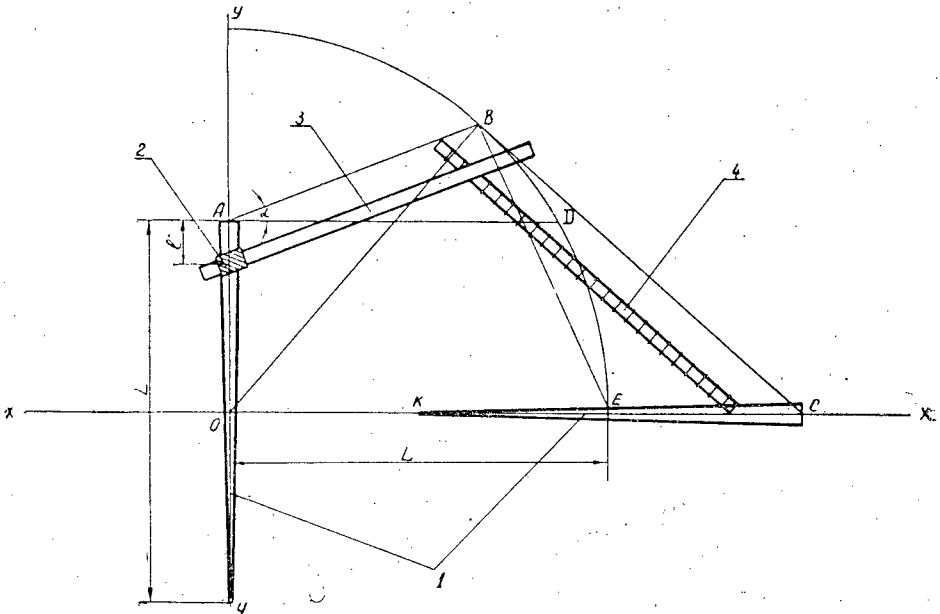


Рис. 3. 1 — подаваемое дерево; 2 — тележка-манипулятор; 3 — навесной путь; 4 — боковой транспортер.

портера (или рельсового пути) в сторону сучкорезного станка неоправданно увеличивается его длина, при отклонении в противоположную сторону — конец дерева при развороте пройдет по секущей  $BE$ , что вызовет обратное перемещение дерева в сторону пачки и его излом.

Если наземные пути составляют угол  $\alpha$  с осью сучкорезного станка, а направление бокового транспортера параллельно касательной, проведенной из точки пересечения окружности с траекторией пути комля при развороте, то вершина дерева после окончания разворота удалится от края пачки на расстояние  $OK$ , равное  $ES$ . Нетрудно убедиться, что величина этого перемещения зависит от длины дерева  $L$  и угла  $\alpha$ .

Найдем уравнение касательной, проведенной из точки  $B$ . При этом предполагается, что перемещение комля дерева происходит по прямой, параллельной направлению наземных путей.

Уравнение касательной в точке  $B$  имеет вид

$$y - y_B = k(x - x_B), \quad (1)$$

где  $y_B$  и  $x_B$  — координаты точки  $B$ ;

$k = \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx}$  — угловой коэффициент касательной в точке  $B$ .

Выражая координаты точки  $B$  через длину дерева  $L$  и угол  $\alpha$  и обозначив  $\sqrt{k^2 + 3(1+k) - k}$  через  $\beta$ , получим уравнение касательной в конечном виде

$$\frac{xL\beta}{2(1+k)} + yL \left[ \frac{1+k\beta}{2(1+k)} \right] = L^2. \quad (2)$$

Величина перемещения дерева в сторону сучкорезного станка по оси  $Ox$  при принятом способе подачи определится выражением

$$\varepsilon = OK = \left[ \frac{2(1+k)}{\beta} - 1 \right] L. \quad (3)$$

Таким образом, величина перемещения  $\varepsilon$  зависит от  $\operatorname{tg} \alpha$  и длины подаваемого дерева. Очевидно, что при  $\operatorname{tg} \alpha = 0 \varepsilon = \left( \frac{2}{\sqrt{3}} - 1 \right) L = 11,5L$ .

С увеличением угла  $\alpha$ , как это видно из рис. 4, значение  $\varepsilon$  быстро возрастает.

От этих параметров ( $\operatorname{tg} \alpha$  и  $L$ ) зависит также длина навесных путей и бокового транспортера. Длина навесных путей для тележки-манипулятора ( $L_{т.м}$ ) складывается из длины перемещения комля дерева при

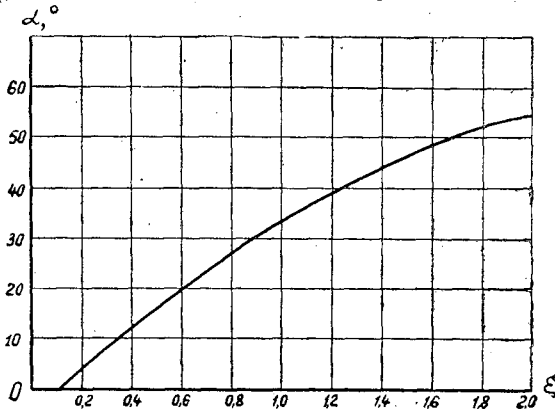


Рис. 4.



его развороте ( $AB$ ) и некоторого запаса пути ( $l$ ), проходящего над разгрузочной площадкой.

$$L_{т.м} \geq 1,5L \frac{\sqrt{1+k^2}}{\beta} + l. \quad (4)$$

При наличии специальных механизмов, подающих деревья к тележке-манипулятору, величина  $l$  может быть принята равной 4—5 м. При отсутствии их

$$l = \frac{a}{\cos \alpha},$$

где  $a$  — ширина разгрузочной площадки.

Длина бокового транспортера  $L_{б.т}$  должна быть примерно равна отрезку касательной  $BC$ , то есть

$$L_{б.т} \geq L \sqrt{\left(\frac{2}{3}\beta\right)^2 - 2 + \left(\frac{3}{2\beta}\right)^2 + \left(\frac{\beta + 3k}{2\beta}\right)^2}. \quad (5)$$

С увеличением угла наклона навесных путей по отношению к продольной оси сучкорезного станка длина навесных путей для тележки-манипулятора уменьшается, а длина боковых транспортеров возрастает. Общая длина пути, которую проходит комель при развороте 30-метровых деревьев (высота спелых насаждений, произрастающих на территории Марийской АССР) при  $\alpha = 10^\circ$ , примерно составляет 50—53 м. Расстояние от конца боковых транспортеров до ротора сучкорезного станка (по его осевой линии) зависит прежде всего от способа подачи дерева в протягивающие органы станка. В случае применения для этой цели продольных транспортеров со специальными захватами для комля расстояние от конца боковых транспортеров определится длиной подаваемого дерева  $L$ . При одном таком захвате (рис. 5) за время его пере-

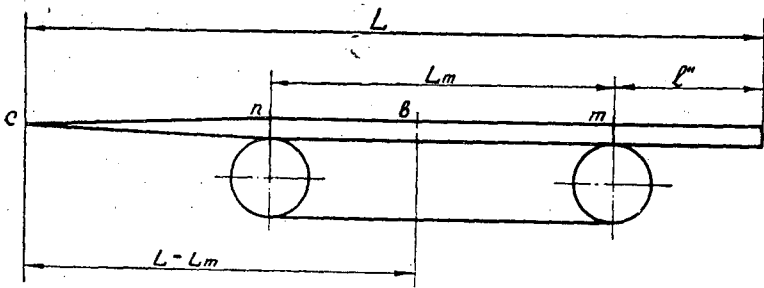


Рис. 5.

мещения из точки  $m$  в точку  $n$ , то есть на длину  $L' = L_m + \pi D_{зв}$ , вершина дерева из точки  $C$  должна переместиться в точку  $b$  на расстоянии, равное  $L - L_m$  для захвата комля следующего дерева на расстоянии  $l''$  от его конца. Из этого условия следует

$$L_m = \frac{L - \pi D_{зв}}{2}, \quad (6)$$

где  $D_{зв}$  — диаметры ведущей и ведомой звездочек транспортера.

При подаче деревьев транспортерами без специальных захватов расстояние от конца боковых транспортеров до станка зависит от коэффициента сцепления кроны дерева и транспортера. Согласно расчетам, эта величина равна примерно 0,6  $L$ .

В случае вывозки деревьев комлями в одну сторону минимальная длина навесных путей, как это видно из рис. 6, будет равна

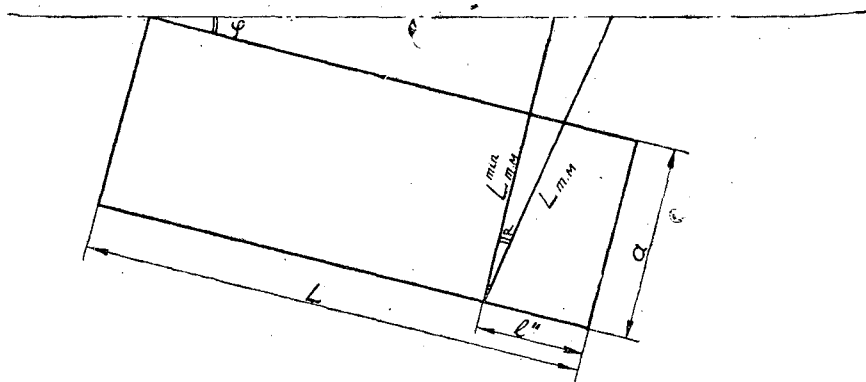


Рис. 6.

$L_{т.м}^{min} = (L - l'') \sin \varphi + a$ . Разворот комля при такой длине путей возможен без обратного движения дерева. Следует, однако, отметить, что для снижения усилия при отделении дерева от пачки направление навесных путей должно составлять с осью пачки угол, несколько больший  $90^\circ$ . Тогда

$$L_{т.м} = (L - l'') \operatorname{tg} \varphi [\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \varphi)] + \frac{a}{\cos \alpha}, \quad (7)$$

где  $90^\circ + \alpha$  — угол наклона оси навесного пути к оси пачки деревьев;  
 $\varphi$  — угол наклона пачки деревьев к оси сучкорезного станка.

Как видно из последнего уравнения, длина навесных путей резко увеличивается с возрастанием углов  $\alpha$  и  $\varphi$ . При равенстве  $\alpha$  и  $\varphi$

$$L_{т.м} = \frac{(L - l'') \sin \alpha}{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha} + \frac{a}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

Если в комплексе имеются специальные механизмы, подающие деревья к тележке (поперек разгрузочной площадки), то вместо последнего члена правой части уравнения (8) можно принять некоторый запас пути, равный 4—5 м.

Длина навесного пути и боковых транспортеров при  $L = 20$ —22 м и углах  $\alpha$  и  $\varphi$ , находящихся в пределах  $10$ — $15^\circ$ , для обоих описанных способов не превышает 18—20 м. Сменная производительность — 250—350 м<sup>3</sup> при среднем объеме хлыста 0,3—0,5 м<sup>3</sup>; число обслуживающих рабочих — 1. Общая установленная мощность двигателей при этом равна 40—50 квт.

При обоих способах подачи в целях создания лучших условий для отделения деревьев от пачки и более надежного совмещения осей дерева и станка в вертикальной плоскости устраивают лоток определенной конфигурации, со дна которого сучья должны удаляться самоочисткой.

Результаты исследования дают основание сделать ряд выводов.

1. До настоящего времени отсутствует теоретическое обоснование способов разъединения деревьев, наиболее выгодных по величине усилия и продолжительности цикла. Проведенные нами экспериментальные работы в этом направлении позволили сделать вывод о целесообразности разъединения деревьев вытаскиванием их с торца под определенным углом к оси пачки с подъемом комля вверх.

2. Из всего комплекса возможных вариантов экономически наиболее целесообразно применение схем с предварительным разворотом подаваемого дерева на угол  $\varphi$ , находящийся в пределах от  $10$ — $15^\circ$  до

90°. Применение этих способов подачи не потребует существенных изменений технологического процесса современных нижних складов.

На основании результатов проведенных исследований в научно-исследовательской лаборатории ЦЛТИ построена действующая модель механизма подачи деревьев к роторным сучкорезным станкам (рис. 7).

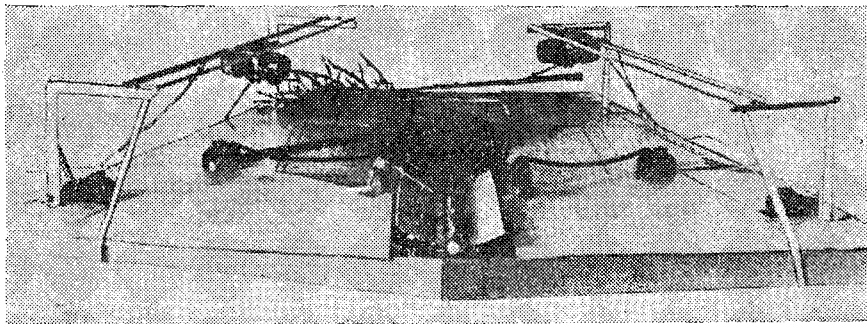


Рис. 7.

На деревянном каркасе смонтированы упрощенные Г-образные фермы из уголкового железа  $15 \times 15$  мм, по верху которых под углом  $110^\circ$  к оси спружаемой пачки проходят навесные пути. По этим путям передвигаются две подающие тележки с механическими захватами. На боковых щеках тележки укреплены два однофазных реверсивных электродвигателя типа РД-0,9 мощностью по 10 вт. В корпус электродвигателей встроен редуктор с передаточным числом  $1/137$ . Один из двигателей служит для подъема и опускания механического захвата, второй — для раскрытия и закрытия его рабочих органов.

Механический захват представляет собой полулю металлическую штангу, один конец которой свободно насажен на ось, прикрепленную к корпусу электродвигателя подъема и опускания. На втором конце штанги смонтированы три серповидных захвата: два неподвижных — нижние и один подвижный — верхний. Конструкция захвата, имеющего три степени свободы, позволяет ему наиболее выгодным образом самонастраиваться в зависимости от усилий, возникающих при разобщении пачки, захвате дерева, перемещении дерева к подающему механизму. Возвратно-поступательное движение тележки осуществляется реверсивным движением барабана, насаженного на выходной вал внешнего редуктора двигателя перемещения тележки (типа РД-0,9). Двигатели этого типа применены также для привода боковых и предстанкового транспортеров. В качестве тягового органа на транспортерах использованы втулочно-роликовые цепи с шагом 13 мм. Управление работой всех механизмов модели производят с переносного кнопочного поста. Проведенные испытания модели показали хорошую ее работоспособность.

Разработанный принцип был положен в основу проектируемого в настоящее время опытного образца механизма подачи, который будет изготовлен на предприятиях Марийского совнархоза. Этот механизм может быть использован также для подачи хлыстов к автоматическим линиям по разделке древесины и на других операциях на нижних складах.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗАНИЮ ПРИ СИЛОВОМ МЕТОДЕ ОБРЕЗКИ СУЧЬЕВ

Ф. Е. ЗАХАРЕНКОВ

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Главное направление в решении проблемы механизации обрезки сучьев — создание эффективных стационарных сучкорезных станков. Существующие опытные образцы подобных машин по принципу работы можно подразделить на станки, работающие со стружкообразованием (роторные) и станки бесстружечного или силового принципа резания (спирально-петлевые). Все они лишь в какой-то степени отвечают современным требованиям. Надо полагать, что ни одна из моделей еще не может быть принята для серийного производства, так как все они нуждаются в обширных испытаниях и доводке.

Обзор специальной литературы [2], [3], [4] показал, что в аналитическом и экспериментальном исследованиях процесса резания древесины основания ветвей имеются весьма значительные пробелы, особенно в вопросах силового или безопилочного метода обрезки.

В связи с этим автор настоящей статьи предпринял попытку произвести аналитический расчет сил, действующих со стороны древесины на элементы режущего органа (для силового метода).

### *Анализ сил, действующих со стороны древесины на лезвие резца*

В процессе резания лезвие резца изнашивается в гораздо большей степени, чем грани. Это обстоятельство позволяет сделать вывод, что при срезании ветвей клиновидным ножом опережающей трещины не образуется и поэтому контакт между режущей кромкой и древесиной остается непрерывным в течение всего процесса.

Расчет сил, действующих со стороны древесины на лезвие резца, производили по схеме, предложенной С. А. Воскресенским [1], с некоторыми изменениями, обусловленными конкретным случаем. Все расчеты выполнены для реального резца с режущей кромкой, ограниченной некоторой криволинейной поверхностью, характеризующейся радиусом затупления  $\rho$ . В расчетах предполагается, что давление древесины на лезвие распределяется равномерно по всему контуру *bac* (рис. 1).

Логической основой такого допущения является тот факт, что радиус затупления  $\rho$  практически является постоянным для любого участка дуги *bac* вследствие того, что удельное давление со стороны древесины на режущую кромку распределяется равномерно.

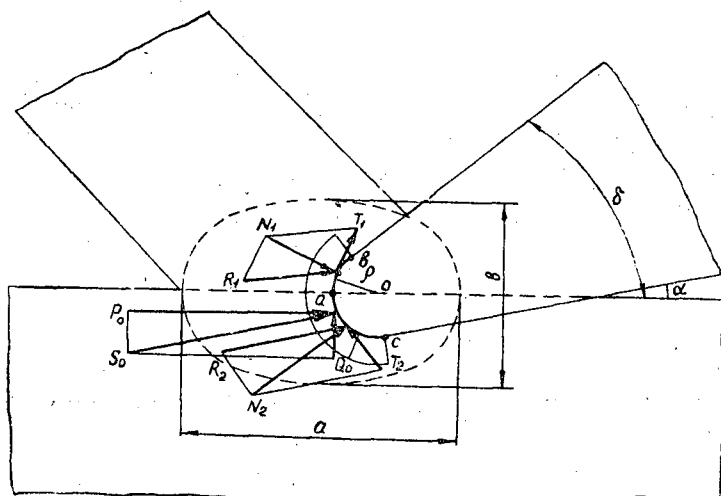


Рис. 1.

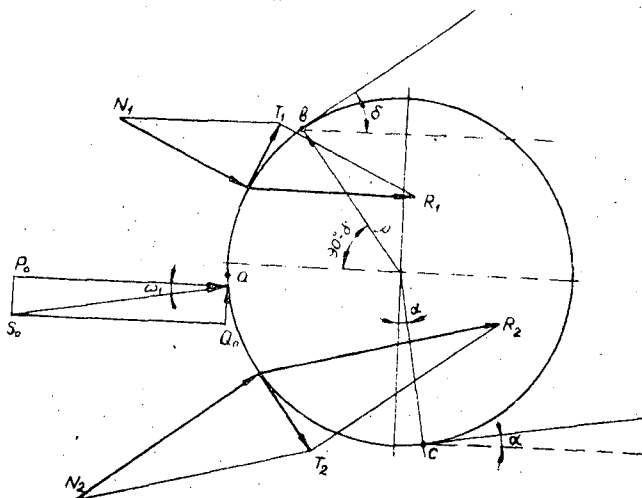


Рис. 2.

На основании сказанного можно считать, что коэффициент трения  $\mu_0$  между древесиной и лезвием реза не изменяется по поперечному сечению режущей кромки, ограниченной контуром  $bac$ .

Расчленим поверхность лезвия  $bac$  на два участка:  $ab$  и  $ac$ . Участок лезвия  $ab$  древесина обтекает в направлении от  $a$  к  $b$ , а участок  $ac$  — от  $a$  к  $c$ , поэтому силы трения на этих участках имеют противоположные направления.

Сила трения  $T_1$  на участке  $ab$  направлена по касательной к контуру  $ab$ , а  $T_2$  — по касательной к контуру  $ac$ . Касательные силы  $T_1$  и  $T_2$  порождаются равнодействующими  $N_1$  и  $N_2$  нормального давления древесины на лезвие. Силы  $R_1$  и  $R_2$  соответственно являются равнодействующими сил  $N_1$  и  $T_1$ , а также  $N_2$  и  $T_2$ .

Для определения равнодействующей  $S_0$  и ее составляющих  $P_0$  и  $Q_0$  рассмотрим отдельно лезвие реза со всеми действующими на него силами (рис. 2).

Равнодействующую  $S_0$  находим из следующего соотношения:

$$S_0 = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \varepsilon}. \quad (1)$$

Величина нормальной силы  $N_1$  определяется уравнением:

$$N_1 = p\rho b\pi \frac{90 - \delta}{180}, \quad (2)$$

где  $b$  — малая ось эллипса среза, мм;

$p = \sigma_{B(\varphi)}$  — предел прочности древесины основания ветвей на сжатие под углом  $\varphi$  к направлению волокон, кг/мм<sup>2</sup>.

Аналогично

$$N_2 = p\rho b\pi \frac{90 + \alpha}{180}, \quad (3)$$

тогда касательные оси трения можно определить по таким формулам:

$$T_1 = \mu_0 p\rho b\pi \frac{90 - \delta}{180}; \quad (4)$$

$$T_2 = \mu_0 p\rho b\pi \frac{90 + \alpha}{180}. \quad (5)$$

Отсюда равнодействующие  $R_1$  и  $R_2$  определяются как геометрическая сумма нормальных и касательных сил, и после несложных преобразований уравнения примут окончательный вид

$$R_1 = p\rho b\pi \frac{90 - \delta}{180} \sqrt{1 + \mu_0^2}; \quad (6)$$

$$R_2 = p\rho b\pi \frac{90 + \alpha}{180} \sqrt{1 + \mu_0^2}. \quad (7)$$

Подставив значение  $R_1$  и  $R_2$  в уравнение (1) и сделав необходимые преобразования, получим

$$S_0 = \frac{p\rho b\pi}{180} \sqrt{(1 + \mu_0^2) [(90 - \delta)^2 + (90 + \alpha)^2 - 2(90 - \delta)(90 + \alpha) \cos \varepsilon]}, \quad (8)$$

где  $\varepsilon$  — угол между равнодействующими силами  $R_1$  и  $R_2$ .

Из рис. 2 после ряда геометрических построений и алгебраических преобразований находим

$$\varepsilon = 2 \operatorname{arctg} \frac{1}{\mu_0} - \frac{\delta - \alpha}{2} - 90. \quad (9)$$

Составляющие  $P_0$  и  $Q_0$  определяются из следующих соотношений:

$$P_0 = S_0 \cos \omega_1; \quad (10)$$

$$Q_0 = S_0 \sin \omega_1, \quad (11)$$

где  $\omega_1$  — угол между вектором силы  $S_0$  и вектором скорости резания.

$$\omega_1 = \operatorname{arctg} \frac{1}{\mu_0} - \operatorname{arctg} \frac{(90 - \delta) \sin \varepsilon}{(90 - \delta) \cos \varepsilon + 90 + \alpha} - \frac{90 + \alpha}{2}. \quad (12)$$

Горизонтальную составляющую  $P_0$  следует рассматривать как часть общего сопротивления резанию.

*Силы, действующие со стороны срезаемой ветви  
на переднюю грань резца*

Максимальная часть давления, воспринимаемого резцом в процессе обрезки ветвей силовым методом, приходится на переднюю грань резца.

Это обстоятельство вытекает из общеизвестного положения о прямой зависимости между толщиной стружки и создаваемым ею давлением на переднюю грань резца.

Силовой метод характеризуется прежде всего тем, что до момента отхода ветви от передней грани резец внедряется в древесину исключительно за счет ее смятия и вытеснения из зоны резания в объеме, равном объему внедрившейся части резца. Это объясняется тем, что ветвь, имея достаточно большую длину, обладает настолько большим сопротивлением скалыванию вдоль волокон, что вертикальная сила  $Q_1$  не в состоянии его преодолеть. Поэтому стружка не образуется, следовательно, не наблюдается и характерного падения сопротивления резанию. Напротив, сопротивление резанию непрерывно растет, достигая максимума в момент, когда подрезанная ветвь начинает отходить от передней грани, после чего происходит обратный процесс. Характер возрастания и падения сопротивления резанию в идеальном случае должен быть тождественным.

Следовательно, максимальное значение сил, действующих со стороны древесины на переднюю грань резца, нужно рассчитывать, исходя из условия расхода энергии на смятие древесины. При этом мы считаем, что удельное давление, оказываемое срезаемой ветвью на переднюю грань, находится в прямой зависимости от объема древесины, вытесняемой передней гранью в процессе резания. Кроме сказанного, расчет производят, исходя из следующих допущений.

1. Удельное давление по всей площади контакта с передней гранью распределяется равномерно, что наиболее вероятно при силовом методе резания. Дело в том, что при данном способе подрезанная часть ветви не отходит от передней грани, а плотно к ней прилегает до тех пор, пока сохраняется условие (рис. 3)

$$Q_1(a-z) \leq \frac{1}{32} \pi (a-z)^2 b [\sigma_{\text{из}}]. \quad (13)$$

Следовательно, расчет максимального усилия  $S_1$  и его составляющих можно вести, исходя из условия равномерного распределения давления от передней грани резца.

2. При расчете сил  $S_1$ ;  $Q_1$  и  $P_1$  принимают во внимание лишь деформации сжатия древесины основания ветвей передней гранью резца.

Таким образом, нормальная сила  $N_1$ , действующая на переднюю грань резца, может быть определена из следующего соотношения:

$$N_1 = qV_1, \quad (14)$$

где  $q$  — удельная сила смятия, приходящаяся на единицу объема вытесненной древесины,  $\text{кг/мм}^3$ ;

$V_1$  — объем древесины, вытесненной резцом,  $\text{мм}^3$ .

Из рис. 3, а следует, что вытесненный резцом объем древесины

$$V_1 = \frac{1}{2} h C_{mkn}. \quad (15)$$

Выразив высоту  $h$  через глубину внедрения резца  $z$ , получим

$$h = \frac{z \sin \varphi \sin \delta}{\sin(\delta + \varphi)},$$

где  $\varphi$  — верхний угол прикрепления ветви к стволу.

В общем случае поперечное сечение основания ветви в плоскости резания представляет собой эллипс с осями  $a$  (большая) и  $b$  (малая). Следовательно, площадь, ограниченную кривой  $mkn$ , можно определить как площадь эллиптического сегмента

$$C_{mkn} = \frac{1}{4} ab \arccos \frac{2x}{a} - xy,$$

где  $xy$  — координаты точки  $m$  эллипса.

Подставив значения  $h$  и  $C_{mkn}$  в формулу (15), получим

$$V_1 = \frac{z \sin \varphi \sin \delta}{2 \sin (\delta + \varphi)} \left( \frac{1}{4} ab \arccos \frac{2x}{a} - xy \right). \quad (15, a)$$

Момент возникновения максимального сопротивления резанию соответствует глубине внедрения резца  $z = 0,5a$  и не зависит ни от геометрических параметров резца, ни от физических свойств и размеров сучьев. Объективность данного положения подтверждается результатами экспериментов, проведенных автором и другими исследователями [3].

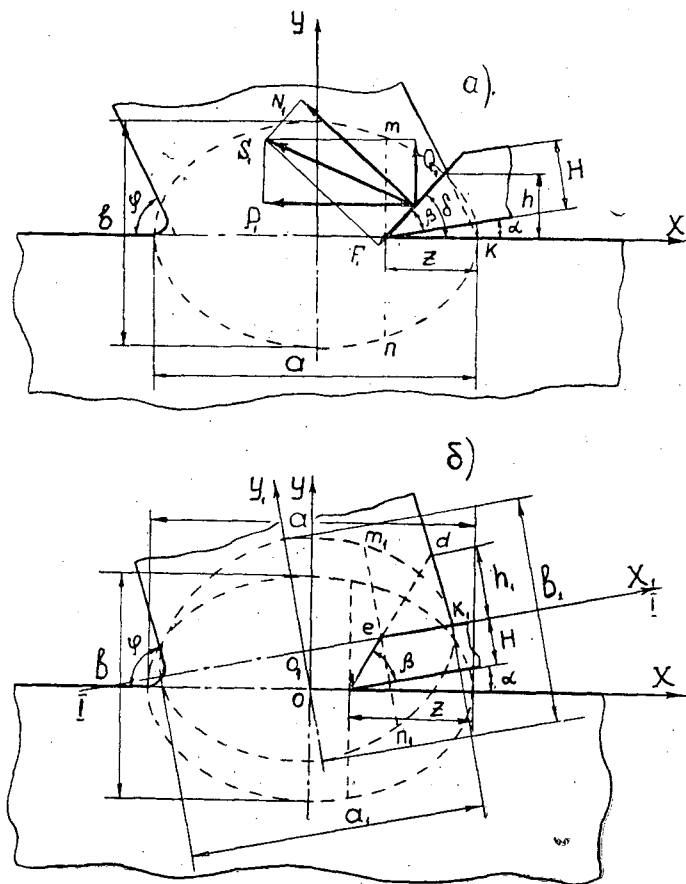


Рис. 3.

Из рис. 3, а видно, что при  $z = 0,5a$   $x = 0$ ,  $y = 0,5b$ . Формула (15, а) для данного частного случая будет иметь такой вид:

$$V_1 = \frac{\pi a^2 b \sin \varphi \sin \delta}{32 \sin (\delta + \varphi)}. \quad (16)$$

Однако полученное уравнение (16) справедливо лишь при

$$a \leq \frac{2H \sin (\delta + \varphi)}{\sin \beta \cdot \sin \varphi},$$

где  $H$  — толщина резца.



В случае, когда  $a > \frac{2H \sin(\delta + \varphi)}{\sin \beta \cdot \sin \varphi}$ , формула (16) имеет вид

$$V_1 = \frac{\pi a^2 b \sin \varphi \cdot \sin \delta}{32 \sin(\delta + \varphi)} - \Delta v, \quad (16, a)$$

где  $\Delta v$  — объем, ограниченный в плоскости рис. 3, б треугольником  $edk_1$ .

Как следует из рис. 3, б

$$\Delta v = \frac{1}{2} h_1 C_{m, k_1, n_1}; \quad (17)$$

$$h = \frac{z \sin \varphi \cdot \sin \beta}{\sin(\delta + \varphi)} - H; \quad (17, a)$$

$$C_{m, k_1, n_1} = \frac{1}{4} a_1 b_1 \arccos \frac{2x_1}{a_1} - x_1 y_1, \quad (17, б)$$

где  $a_1$  и  $b_1$  — оси эллипса  $O_1$ , лежащего в плоскости  $I-I$ .

Так как плоскости, в которых лежат эллипсы  $O$  и  $O_1$ , находятся на относительно малом расстоянии друг от друга, то с незначительной погрешностью можно принять  $b_1 = b$ .

Большие оси эллипсов  $O$  и  $O_1$  связаны между собой зависимостью

$$a_1 = \frac{a \sin \varphi}{\sin(\varphi + \alpha)}.$$

Для практических расчетов, когда задний угол не превышает  $10^\circ$ , можно принять  $a = a_1$ .

При  $z = 0,5a$

$$x = \frac{H \sin(\delta + \varphi)}{\sin \beta \sin(\alpha + \varphi)}. \quad (18)$$

Решив коническое уравнение эллипса относительно  $y$ , получим

$$y = \frac{b}{2a_1} \sqrt{a_1^2 - ux_1^2}. \quad (18, a)$$

Силу трения между передней гранью резца и древесиной основания ветви определим по зависимости

$$F_1 = \mu_1 q V_1. \quad (19)$$

Равнодействующую  $S_1$  находим как геометрическую сумму сил  $N_1$  и  $F_1$  из уравнения

$$S_1 = q V_1 \sqrt{1 + \mu_1^2}. \quad (20)$$

Из рис. 3, а следует, что

$$P_1 = S_1 \sin(\delta + \arctg \mu_1); \quad (21)$$

$$Q_1 = S_1 \cos(\delta + \arctg \mu_1). \quad (22)$$

Расчетная формула (21) устанавливает аналитическую связь между величиной сопротивления резанию, действующего на переднюю грань резца, и всеми основными характеристиками резца и обрабатываемого материала.

#### *Силы, действующие на заднюю грань резца со стороны плоскости резания*

По плоскости контакта задней грани с древесиной со стороны последней действуют силы реакции плоскости резания. Величина этих сил находится в прямой зависимости от объема древесины, деформированной задней гранью.

Объем древесины, ограниченный треугольником  $sco$  (рис. 4), испытывает упруго-пластические деформации сжатия, создаваемые задней гранью резца. После снятия внешних сил древесина полностью не восстанавливает первоначального объема и характеризуется некоторой величиной остаточной деформации  $a$ .

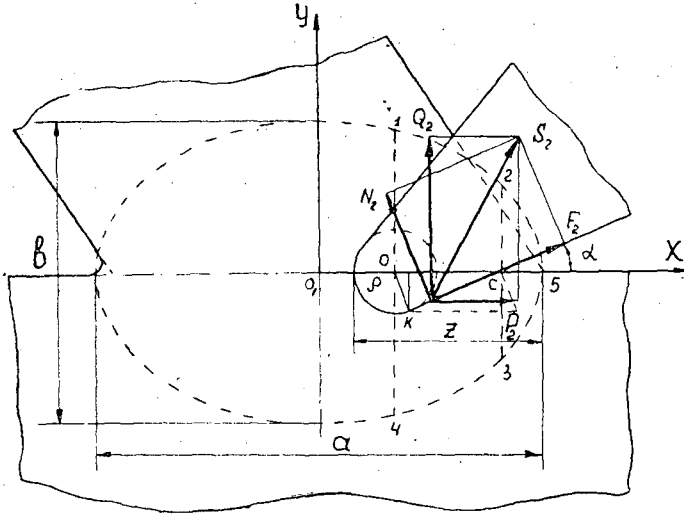


Рис. 4.

Будем считать, что в точке  $c$  давление древесины на заднюю грань равно нулю и нормальное давление  $N_2$  пропорционально объему деформированной древесины.

Тогда, обозначив удельное давление древесины на заднюю грань реза через  $q$ , получим

$$N_2 = qV_2, \quad (23)$$

где  $V_2$  — объем древесины, деформированной задней гранью реза.

$$V_2 = \rho \cos \alpha C_{1234}, \quad (24)$$

где  $C_{1234} = C_{154} - C_{253}$ ; (25)

$$C_{154} = \frac{1}{4} ab \arccos \frac{2x}{a} - xy,$$

где  $xy$  — координаты точки 1 эллипса среза.

При  $z = 0,5a$   $x = \rho$ . Радиус затупления реального реза обычно колеблется в пределах сотых долей миллиметра. Поэтому для практических расчетов можно принять  $x = 0$ , тогда  $y = 0,5b$ , а

$$C_{154} = \frac{1}{8} \pi ab; \quad (26)$$

$$C_{253} = \frac{1}{4} ab \arccos \frac{2x_1}{a} - x_1 y_1, \quad (27)$$

где  $x_1 y_1$  — координаты точки 2 эллипса среза.

При  $z = 0,5a$

$$x_1 = 0,5a - \frac{\rho(\sin \alpha + 1)}{\sin \alpha},$$

$$y = \frac{b}{2a} \sqrt{a - yx_1^2}.$$

Сделав соответствующую подстановку в формуле (25) и выполнив необходимые преобразования, получим

$$V_2 = \frac{1}{16} \rho ab \cos \alpha \left( \pi + x_1 y_1 - 2 \arccos \frac{2x_1}{a} \right). \quad (28)$$

Подставив значение  $V_2$  в формулу (23), найдем

$$N_2 = \frac{1}{16} q r a b \cos \alpha \left( \pi + x_1 y_1 - 2 \arccos \frac{2x_1}{a} \right). \quad (29)$$

Далее

$$F_2 = \mu_2 N_2; \quad S_2 = N_2 \sqrt{1 + \mu_2^2}.$$

Из рис. 4 находим

$$P_2 = N_2 \sqrt{1 + \mu_2^2} \cos \left( \alpha + \arctg \frac{1}{\mu_2} \right); \quad (30)$$

$$Q_2 = N_2 \sqrt{1 + \mu_2^2} \sin \left( \alpha + \arctg \frac{1}{\mu_2} \right). \quad (31)$$

Таким образом, зная отдельные составляющие ( $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ), легко можно определить общее сопротивление резанию  $P$  путем алгебраического суммирования, то есть

$$P = P_0 + P_1 + P_2. \quad (32)$$

Аналогично

$$Q = Q_0 + Q_1 + Q_2. \quad (33)$$

Полученные аналитические формулы учитывают лишь основные факторы, характеризующие процесс резания.

Чтобы не усложнять и без того достаточно сложные расчетные формулы, необходимо учитывать некоторые (менее существенные) факторы отдельно, применительно к каждому случаю, что можно легко сделать путем корректирования величины удельного давления  $q$ , коэффициента трения  $\mu$  или посредством дополнительных аналитических и экспериментальных соотношений. Так, например, влияние кинематического угла резания на величину сопротивления резанию можно учесть по известной зависимости:

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_1 \cos \varphi_1,$$

где  $\delta$  — угол резания в плоскости движения резака;  
 $\delta_1$  — угол резания в плоскости, перпендикулярной режущей кромке;  
 $\varphi_1$  — угол наклона режущей кромки по отношению к вектору скорости резания.

Справедливость полученных аналитических формул подтверждается незначительным расхождением между расчетной величиной максимального сопротивления резанию и опытными данными (табл. 1).

Таблица 1

Средний диаметр сучьев, мм	Максимальное сопротивление резанию, кг					
	ель			сосна		
	по расчету	по опыту	относительная ошибка, %	по расчету	по опыту	относительная ошибка, %
20	209	230	-9,0	140	150	-7,0
30	628	610	+3,0	407	380	+8,0
40	1265	1200	+5,4	551	530	+4,0
50	1628	1750	-7,0	836	880	-5,0
60	—	—	—	1236	1200	+3,0

Результаты, представленные в табл. 1, получены при следующих данных: влажность древесины  $W=60-70\%$ ; угол резания  $\delta=35^\circ$ ; задний угол  $\alpha=5^\circ$ , коэффициент трения  $\mu_0=0,1$ ;  $\mu_1=\mu_2=0,2-0,3$ ; радиус затупления  $\rho=0,05$ ; удельное давление  $p=4-5 \text{ кг/мм}^2$ ;  $q=200-300 \text{ кг/см}^3$ , чистота обработки граней резца — по VII классу.

Таким образом, аналитические зависимости, полученные в настоящей работе, могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих сучкорезных станков силового принципа резания. В целях более широкого практического приложения полученных расчетных формул автор проводит соответствующие экспериментальные работы по уточнению и определению эмпирических коэффициентов в зависимости от определенных конкретных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. ГЛБИ, 1955. [2]. Е. В. Кириллов. Исследование некоторых параметров спирально-петлевых сучкорезных ножей. Труды ЦНИИМЭ, XXX, 1961. [3]. Ф. М. Манжос. Опыты по перерезыванию древесины сучьев при помощи ножей. Труды МЛТИ № 2, ГЛБИ, 1952. [4]. Э. А. Павлов. Состояние и перспективы механизации обрезки сучьев. ГЛБИ, 1958.

Поступила в редакцию  
10 марта 1963 г.

## СКОЛЬЖЕНИЕ СТАЛЬНОГО КАНАТА НА ШКИВАХ И БЛОКАХ

В. А. МАХОВ

Старший преподаватель

(Костромской технологической институт)

*Скольжение при установившемся вращении шкива*

Непрерывное движение гибкого тягового органа осуществляется приводными шкивами. Окружное усилие шкива тяговому органу передается силами трения, возникающими в месте контакта, по всей дуге охвата и определяется из уравнения Эйлера

$$\frac{S_n}{S_c} = e^{f\alpha},$$

где  $S_n$  — натяжение набегающей ветви,  $\text{кГ}$ ;  
 $S_c$  — натяжение сбегающей ветви,  $\text{кГ}$ ;  
 $e$  — основание натуральных логарифмов;  
 $f$  — коэффициент трения;  
 $\alpha$  — угол охвата шкива (цилиндра),  $\text{рад}$ .

Если  $\frac{S_n}{S_c} \leq e^{f\alpha}$ , то приводная способность шкива полностью не используется. Для удовлетворения последнего равенства Н. П. Петров [7] и Н. Е. Жуковский [5] в 1894 г. предложили заменить дугу полного охвата шкива  $\alpha$  так называемой «рабочей» дугой  $\alpha_1$ . Остальную часть дуги охвата  $\alpha_0$  они назвали дугой «покоя», так как она не участвует в передаче окружного усилия. По этой теории натяжение тягового органа (каната) на дуге «покоя» остается постоянным и изменяется лишь на «рабочей» дуге.

Изменение натяжения тягового органа по дуге охвата обуславливает упругое сокращение (удлинение) его. Укорачиваясь или удлиняясь, тяговый орган скользит в направлении большего натяжения. Скорость и величина упругого сокращения (скольжения) пропорциональны изменению окружного усилия  $P$  и жесткости тягового органа. На скольжение по дуге охвата затрачивается работа, целиком идущая на истирание шкива и тягового органа. Работа трения  $A$  от упругого скольжения тягового органа по канавке шкива или блока определяется из уравнения

$$A = \frac{1}{2} \frac{v}{EF} (S_n - S_c), \text{ кГм},$$

где  $v$  — скорость вращения шкива,  $\text{м/сек}$ ;  
 $E$  — модуль упругости тягового органа,  $\text{кГ/см}^2$ ;  
 $F$  — площадь поперечного сечения тягового органа,  $\text{см}^2$ .

Износ тягового органа и канавки шкива зависит от износостойкости их материала. По литературным источникам [2], [4], [6], [8] износ каната на шкивах и блоках увеличивается с повышением его твердости, в связи с возрастанием контактных напряжений в проволоках в зоне касания их с канавкой шкива или блока.

Необходимо отметить, что все приведенные рассуждения более или менее справедливы в приложении к передачам, у которых в качестве привода используется чугунный или стальной шкив с высоким модулем упругости, а в качестве тягового органа — прорезиненный кожаный ремень с малым модулем упругости.

В канатной передаче, напротив, приводные шкивы и блоки, используемые при оснастке различных канатоблочных систем и машин для трелевки, погрузки, штабелевки и сортировки леса, имеют более низкий модуль упругости по сравнению с канатами. Для увеличения приводной способности и снижения контактных напряжений в проволоках каната шкивы грузоподъемных лебедок часто футеруют фрикционными материалами с пониженным модулем упругости: алюминием, пластмассой, деревом (из твердolistвенных пород), кожей, резиной и др.

Удельное нормальное давление каната, в связи с большей прочностью по сравнению с ремнями, по дуге охвата шкива достигает значительной величины, и проволоки внедряются в тело футеровочного материала. Деформация футеровки зависит от нормального давления каната, которое снижается по мере использования сцепной силы. Вдавливание каната в футеровку или тело шкива оказывает влияние на скорость последнего (так как радиус его по дуге охвата не остается постоянным) и на относительное скольжение. Рассмотрим взаимодействие каната и шкива при передаче им работы (рис. 1).

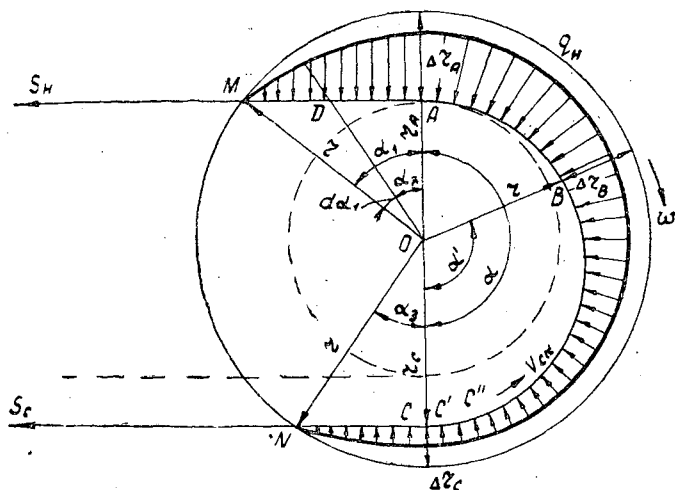


Рис. 1. Взаимодействие каната и шкива при передаче им работы.

$r$  — расчетный диаметр шкива;  $\Delta r_A$  — величина деформации шкива в точке А;  $\Delta r_B$  — то же в точке В;  $r_A$  и  $r_B$  — радиусы шкива в точке А и В;  $q_n$  — распределение нормального давления каната по дуге охвата шкива; АС — длина дуги при повороте шкива на 180°; АС\* — расстояние, пройденное канатом без учета его упругости; АС\*\* — фактическое расстояние, пройденное канатом при повороте шкива на 180°, с учетом деформации шкива и каната.

Допустим, что

1) шкив работает в силовом режиме;

- 2) материал шкива (резина) подвергается одномерному сжатию, не выходящему за пределы упругости;
  - 3) геометрический угол охвата шкива  $\alpha = \pi$ ;
  - 4) угловая скорость вращения шкива  $\omega$  постоянна;
  - 5) канат — стальной, упругий и абсолютно гибкий;
  - 6) буксование шкива исключается;
  - 7) сцепная сила шкива используется полностью;
  - 8) скорости набегающей и сбегающей ветвей равны и постоянны.
- В точке набегаания  $M$  (рис. 1) скорость шкива равна

$$v_{M_1} = \omega r.$$

При огибании шкива канат силами нормального давления  $q_n$ , направленными по радиусу, вдавливается в тело шкива, уменьшая его радиус. По условию 6 с большим основанием можно считать, что в точке  $A$  (начало геометрической дуги охвата) скорости равны. Если предположить, что натяжение каната на этой дуге не изменяется, то скорость каната можно найти из уравнения

$$v_M = v_a = \omega (r - \Delta r_A).$$

По абсолютной величине скорость каната равна горизонтальной составляющей скорости шкива. Отсюда

$$v_M = v_{M,x} = v_{M_1} \cdot \cos \alpha_1.$$

Вертикальная составляющая скорости вращения шкива

$$v_{M,y} = v_{M_1} \cdot \sin \alpha_1.$$

При повороте шкива из точки  $M$  в точку  $A$  давление каната быстро возрастает, достигая максимума, и последний по мере вдавливания в футеровку перемещается к центру вращения шкива на величину  $\Delta r$ .

Окружная скорость шкива в любой точке  $D$  на этой дуге охвата равна

$$v_{D_1} = v_a \cdot \operatorname{sc} \alpha_x,$$

горизонтальная составляющая

$$v_{D_1,x} = v_a \cdot \operatorname{sc} \alpha_x \cdot \cos \alpha_x = v_a,$$

а вертикальная

$$v_{D_1,y} = v_a \frac{\sin \alpha_x}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_x}},$$

где  $\alpha_x$  — дуга охвата от точки  $A$  до рассматриваемой  $D$ .

Как видно из приведенных формул, горизонтальные составляющие скоростей шкива и каната равны между собой, то есть при принятых допущениях относительное скольжение каната по направлению вращения не наблюдается. Однако канат на дуге охвата с углом  $\alpha$ , вдавливается на глубину  $\Delta r_A$ . В любой точке  $D$  глубина вдавливания находится по уравнению

$$\Delta r_D = r_A (\operatorname{sc} \alpha_x - 1)$$

и, если этот участок будет принимать участие в передаче окружного усилия, то скольжение также будет иметь место. Скорость вдавливания (скольжения) в радиальном направлении в точке  $D$  равна

$$v_{Dy} = v_a \ln(1 - \cos \alpha_x).$$

Нормальное давление каната  $q_n$  на этом отрезке дуги достигает максимального значения только в одной точке  $A$ ; на дуге сбегания с углом  $\alpha_3$  распределение давления и скольжение каната имеют такой же характер (с той разницей, что давление снижается с  $q_c$  до 0). В точке  $A$  вдавливание прекращается и скольжение отсутствует.

Теперь рассмотрим взаимодействие каната и шкива на собственно геометрической дуге охвата  $\alpha$ . На этой дуге, с уменьшением натяжения и нормального давления каната, радиус шкива к сбегавшей ветви увеличивается, обуславливая повышение проскальзывания.

Как известно, скорость в точке  $A$

$$v_A = \omega r.$$

В любой точке  $B$ , расположенной на дуге с углом  $\alpha'$ , скорость каната выводится из постоянства его массы, проходящей через рассматриваемое сечение, и равна

$$v_B = \frac{1 + \frac{S_c}{EF} \cdot e^{f\alpha}}{1 + \frac{S_n}{EF}},$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения каната,  $см^2$ , а скорость шкива

$$v_{B_1} = v_A \frac{r_B}{r_A},$$

где  $r_A$  и  $r_B$  — радиусы шкива в точках  $A$  и  $B$ ,  $см$ .

$$r_A = r - \Delta r_A,$$

$$r_B = r - \Delta r_B.$$

Изменение радиуса шкива на  $\Delta r$  (изменение расстояния между нейтральным слоем каната и осью вращения шкива) под действием нормального давления проволок каната, внедряющихся в материал шкива, находится по формулам Герца.

Для принятых условий

$$\Delta r = \frac{3S_c \cdot e^{\frac{2}{3} f\alpha'}}{8\pi r k \cdot i} I + \frac{S_n \omega h}{S_n + uhd},$$

где  $i$  — количество проволок каната, соприкасающихся с канавкой желоба шкива на 1 пог. см;  
 $v_1$  и  $v_2$  — коэффициенты эластичности, определяемые из уравнений;

$$v_1 = \frac{4(m_1^2 - 1)}{E m_1^2} \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{4(m_2^2 - 1)}{E_2 m_2^2},$$

$m_1$  и  $m_2$  — обратные величины коэффициента Пуассона для соприкасающихся тел;

$I$  — эллиптический интеграл, который находится по диаграммам 150—151\*;

\* Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. II, 1948, стр. 576.



$k$  — коэффициент, находится по уравнению

$$k = \nu_1 \sqrt{\frac{3}{2} \frac{\frac{1}{ir} \left( \frac{1 + \mu^2}{E} + \frac{1 + \mu^2}{E_2} \right)}{\rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22}}}$$

$\nu_1$  — коэффициент, учитывающий кривизну тел в точке их взаимного касания, определяемый по диаграмме 149\*;

$E_2$  — модуль упругости шкива (или футеровочного материала);

$\mu_1$  и  $\mu_2$  — коэффициенты Пуассона;

$\rho_{11}$  и  $\rho_{12}$  — главные кривизны первого сдавливаемого тела;

$\rho_{21}$  и  $\rho_{22}$  — главные кривизны второго сдавливаемого тела;

$\omega$  и  $u$  — коэффициенты, которые находятся по табл. 44\*\* (для резины  $u = 532$ ,  $\omega = 0,99$ );

$d$  — ширина ремня, ленты или диаметр каната;

$h$  — толщина футеровочного материала.

Подставляя значения  $r_A$  и  $r_B$  в первое уравнение, получим

$$\nu_{B_1} = \frac{r - \left[ \frac{3S_c e^{\frac{2}{3} f \alpha'} (v_1 + v_2) I}{8i\pi r k} + \frac{S_c e^{f \alpha'} \omega h}{S_c e^{f \alpha'} + uhd} \right]}{r - \left[ \frac{3S'_H (v_1 + v_2) I}{8i\pi r k} + \frac{S_H \omega h'}{S_H + uhd} \right]}$$

где

$$S'_H = S_c e^{\frac{2}{3} f \alpha'}$$

Величина скольжения каната по шкиву, в предположении постоянной скорости шкива, находится из уравнения

$$\nu_c = \nu_A \frac{S_H - S_c}{EF \left( 1 + \frac{S_H}{EF} \right)} \approx \nu_A \frac{P}{EF}$$

С увеличением радиуса шкива по дуге охвата скорость его возрастает, обуславливая повышение скольжения каната, и достигает максимального значения у сбегающей ветви.

Наибольшая величина скольжения с учетом деформации шкива и упругости каната равна

$$\nu''_{c_{max}} = \nu_A \left\{ \frac{S_H - S_c}{EF \left( 1 + \frac{S_H}{EF} \right)} + \frac{3(v_1 + v_2)(S'_H - S_c)I}{8i\pi r k} + \frac{3(v_1 + v_2)S'_H I}{8i\pi r k} + \frac{\left( \frac{S_H \omega h}{S_H + uhd} - \frac{S_c \omega h}{S_c + uhd} \right)}{\left[ \frac{S_H \omega h'}{S_H + uhd} \right]} \right\}$$

Работа силы трения в единицу времени по всей дуге охвата определяется из уравнения

\* Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. III, 1948, стр. 576.

\*\* Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. IV, 1947, стр. 317.

$$A = \int_0^{\alpha} f S_c e^{f\alpha'} v_c dz = v_A \left\{ \frac{-(S_H - S_C)^2}{EF \left(1 + \frac{S_H}{EF}\right)} + \frac{3(v_1 + v_2)I(2S_H'' - 3S_C)^2}{40i\pi r k} + wh \left( \frac{S_H}{S_H + uhd} - \frac{S_C}{S_C + uhd} \right)^2 \right\} \\ + \frac{3S_H'(v_1 + v_2)I}{8i\pi r k} + \frac{S_H wh}{S_H + uhd} \Bigg\},$$

где  $S_H'' = S_c e^{\frac{5}{6} f\alpha}$ .

Скольжение каната по шкиву с учетом радиуса шкива и упругого сокращения каната при вращении шкива на угол  $\alpha$  определяется из уравнения

$$\Delta l = \frac{r}{f} \left(1 + \frac{S_H}{EF}\right) \ln \frac{S_H \left(1 + \frac{S_C}{EF}\right)}{S_C \left(1 + \frac{S_H}{EF}\right)} - \frac{r}{f} \ln \frac{S_H}{S_C} + \\ + \frac{3(v_1 + v_2)I}{40i\pi r k} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{r}{f} (S_H' - S_C) + whr \left( \frac{S_H}{S_H + uhd} - \frac{S_C}{S_C + uhd} \right) \\ r - \left[ \frac{3S_H'(v_1 + v_2)I}{8i\pi r k} + \frac{S_H wh}{S_H + uhd} \right].$$

Без существенного снижения точности расчета скольжение каната, по всей дуге охвата, также можно находить и по упрощенной формуле

$$\Delta l = \frac{r\alpha}{2} \left\{ \frac{S_H - S_C}{EF} + \frac{3(v_1 + v_2)(S_H' - S_C)I}{8i\pi r k} + \frac{wh \left( \frac{S_H}{S_H + uhd} - \frac{S_C}{S_C + uhd} \right)}{\left[ \frac{3(v_1 + v_2)(S_H' - S_C)I}{8i\pi r k} + \frac{S_H wh}{S_H + uhd} \right]} \right\}.$$

Из приведенного теоретического исследования вытекает, что скольжение каната по дуге охвата шкива имеет сложный характер и по абсолютной величине превосходит упругое скольжение. Результаты подсчета скольжения каната по дуге охвата шкива, при передаче тягового усилия  $P = 6000$  кг, по последнему уравнению приведем в табл. 1.

Таблица 1

Материя шкива	Скольжение каната по дуге охвата, мм	
	с учетом изменения диаметра шкива	без учета изменения диаметра шкива
Чугунный нефутерованный	0,158	0,177
Футерованный пластмассой	0,158	0,192
"    резинной	0,158	8,100
Стальные кулачки	0,158	0,172*, 0,238**, 0,630***

\* Без учета сдавливания каната щечками кулачков. \*\* С учетом сдавливания каната щечками кулачков, по опытным данным. \*\*\* Максимальное скольжение после включения шкива, по опытным данным.

Для расчета использованы данные табл. 2.

Таблица 2

Обозначения	Единицы измерения	Основные расчетные данные для шкивов			Кулачкового с тросозахватами*
		чугунного нефутерованного	футерованного пластмассой	футерованного резиной	
$\alpha$	град.	180	180	180	180
$S_H$	кг	15000	9000	6600	7000
$S_C$	"	9000	3000	600	1000
$E$	кг/см <sup>2</sup>	850000	850000	850000	850000
$E_{\text{провол}}$	"	2000000	2000000	2000000	2000000
$E_2$ (шкив)	"	1200000	99000	100	2000000
$\mu_1$	—	0,3	0,3	0,3	0,3
$\mu_2$	—	0,3	0,5	0,7	0,3
$r$	см	71,0	71,0	71,0	71,0
$r_{\text{пряди}}$	"	—	—	0,8	—
$f$	—	0,17	0,35	0,8	0,65
$i$	шт.	3	5	0,3*	3
$\rho_{11}$	см	12,50	12,50	2,50	12,50
$\rho_{12}$	"	0,263	0,263	0,09	0,263
$\rho_{21}$	"	—0,80	—0,80	—0,80	—0,80
$\rho_{22}$	"	0,0141	0,0141	0,0141	0,0141
$h$	см	—	1,50	5,00	—
$\varphi_k^{**}$		0	0	16°07***	0

\* Для пряди. \*\* Угол свивки каната и прядей. \*\*\* Для каната.

Экспериментальной проверкой установлено, что скольжение каната по дуге охвата кулачкового шкива с углом  $\alpha$  на 30—40% выше определенного расчетом по известным формулам, учитывающим скольжение только от упругого сокращения тягового органа. Предлагаемые формулы также хорошо согласуются с результатами опыта на чугунных шкивах (блоках).

Из сказанного следует, что при определении скорости, удельной работы трения и скольжения каната необходимо учитывать деформацию шкива.

#### Скольжение при неустановившемся вращении шкива

Изучение долговечности канатов на барабанах, шкивах и блоках в разнотипных машинах при строительстве дорог, трелевке, погрузке и разгрузке леса и других работах показало повышенный их износ. На бульдозерных лебедках канат изнашивается больше всего в участках, попадающих на барабан во время подъема и опускания ножа; на крановых — в участках, набегающих на барабан во время отрыва груза от площадки; на транспортных и подъемных лебедках — в участках, оказывающихся в момент остановки или загрузки рабочей ветви на шкиве. Частые попадания одних и тех же участков на шкивы и барабаны, приводят канаты к преждевременному износу.

При остановке шкива канат скользит в направлении, противоположном вращению, и поворачивает его. После включения шкива для преодоления инерции покоя груза необходимо дополнительное усилие; в результате этого натяжение рабочей (грузовой) ветви при подъеме или срыве груза возрастает рывками. Выравнивание натяжения сопровождается гармоническими колебаниями, обуславливая разностороннее скольжение (рис. 2), которое резко повышает износ наружных проволочек.

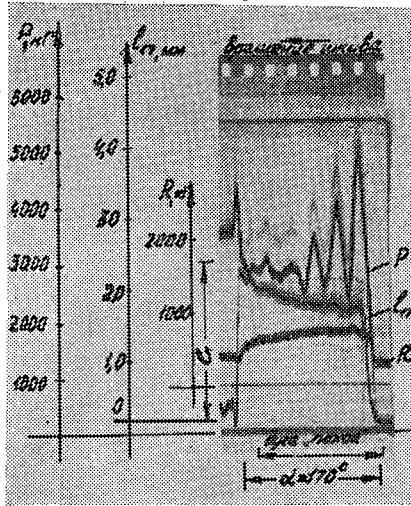


Рис. 2. Осциллограммы скольжения каната по дуге охвата за первый оборот шкива после его включения.

$P$  — окружное усилие шкива;  $l_r$  — скольжение каната от точки набегания;  $R$  — радиальное давление на кулачок.

Экспериментальные исследования взаимодействия каната с кулачковым шкивом (с использованием осциллографа «Геофизика» 51) показали, что в пусковой период скольжение каната увеличивается в несколько раз.

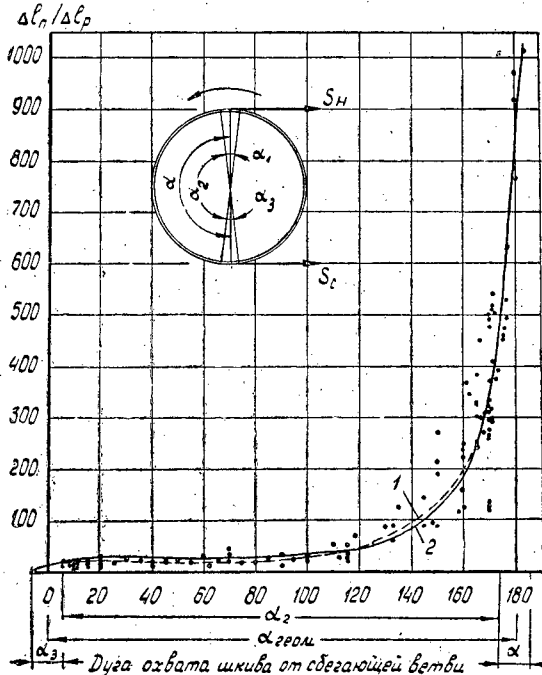


Рис. 3. Отношение скольжения каната за первый оборот шкива после включения, в зависимости от места рассматриваемой точки на дуге охвата, к скольжению при установившемся вращении.

1 — опытная кривая; 2 — выравненная по уравнению

$$\text{гиперболы } \frac{\Delta l_r}{\Delta l_p} = 14 + 2890 \frac{1}{\alpha}, \%$$

По результатам этого исследования составлен график (рис. 3), показывающий, что опытная кривая отношения скольжения каната в пусковой период  $\Delta I_p$  к скольжению при установившемся вращении шкива  $\Delta I_p$  (в процентах) удовлетворяет уравнению гиперболы.

При проведении опытов рабочую ветвь загружали в 30 м от шкива. В набегающей ветви на канат устанавливали специальный зажимной винт с регулировочным болтом. На шкиве закрепляли тензометрическую пластину с наклеенными проволочными датчиками, которая при встрече с зажимом фиксировала скольжение каната по дуге охвата. Отклонение пластины, вместе с зажимом, регистрировалось на осциллографической бумаге. При исследовании скольжения во время установившегося вращения зажим устанавливали на канат в 10 м от шкива, при пусковом режиме — непосредственно на дуге охвата.

Скольжение каната на барабанах и шкивах подъемных лебедок в моменты поднятия груза имеет аналогичный характер, но величина его зависит от расстояния приложения нагрузки, скорости подъема, амплитуды и частоты колебания натяжения.

#### Распределение давления каната по дуге охвата шкива

До последнего времени считали, что распределение давления тягового органа по дуге охвата и передача окружного усилия неравномерны. Со стороны набегающей, если сцепная сила шкива полностью не использована, образуется так называемая дуга «покоя», которая не участвует в передаче окружного усилия, а давление на ней постоянно и равно максимальному. На остальной части — «рабочей» дуге — передача окружного усилия следует уравнению Эйлера.

За последние годы в печати появился ряд работ [1], [3], опровергающих установившееся мнение о делении дуги охвата на две.

Проведенные нами исследования показали, что передача шкивом окружного усилия имеет место по всей дуге охвата; однако на месте предполагаемой дуги «покоя» сцепная сила полностью не используется, и скольжение наблюдается только выше нижней линии касания с канавкой. Доля участия этой дуги в передаче окружного усилия (на канатопроводящих шкивах) составляет 13%, независимо от отношения натяжения ветвей. На остальной части передача окружного усилия следует зависимости Эйлера, но угол этой дуги меньше в среднем на  $24^\circ$ , чем определенный по формуле Эйлера, уточненной Н. П. Петровым и Н. Е. Жуковским.

Распределение давления по дуге охвата отличается от принятого и предопределяется участием ее в передаче окружного усилия. Максимальное давление наблюдается лишь в одной точке А (рис. 1) в начале набегающей ветви

$$q_n \max = \frac{S_n}{r}.$$

На дуге «покоя»

$$q'_n = q_n \max \left[ 1 - (1 - k'_1) \frac{\alpha''}{\alpha_n} \right],$$

где  $k'_1 = 0,87$  — коэффициент, учитывающий снижение давления в конце дуги «покоя»;

$\alpha''$  — дуга охвата от точки набегающей до рассматриваемой (на дуге «покоя»),  $^\circ$ ;

$\alpha_{II}$  — дуга «покоя», °

$$\alpha_{II} = \alpha - \frac{\ln \frac{S_{II}}{S_{II'}}}{f} - 24.$$

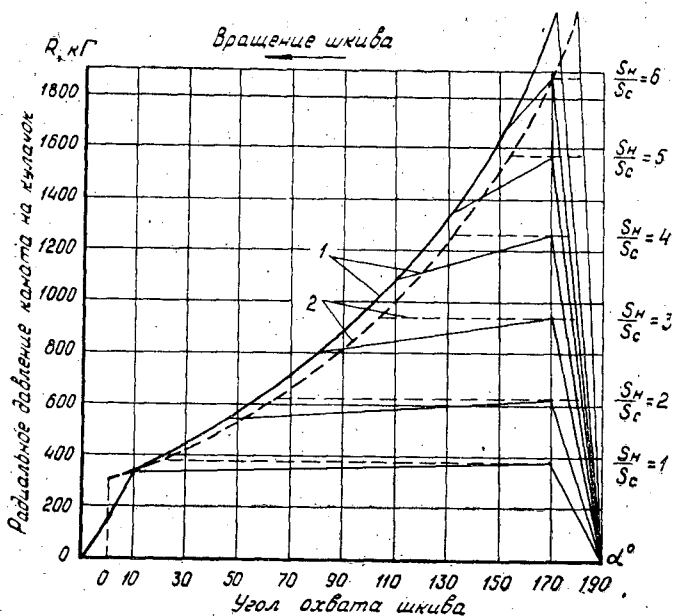


Рис. 4. Распределение нормального давления каната по дуге охвата кулачкового шкива (в комплекте 20 кулачков)  $S_c = 1000$  кг, в зависимости от отношения набегающей и сбегающей ветвей.

1 — кривая распределения давления в предположении наличия дуги «покоя»;  
2 — фактическая кривая давления.

Графически давление каната на кулачки (20 в комплекте) по всей дуге охвата приведено на рис. 4. Натяжение сбегающей ветви принято 1000 кг.

#### Влияние твердости материала шкивов и блоков на их износ

Как указывалось выше, износ каната на блоках и шкивах большой твердости увеличивается, а износ блоков, напротив, снижается.

Проведенные сравнительные испытания серийных трехтонных чугуновых блоков, имеющих твердость  $H_v = 190$ , и опытных, той же грузоподъемности, с поверхностью канавки, отбеленной при отливке в кокиль на глубину 2—3 мм, при твердости поверхности  $H_v = 480$ , на трелевке и погрузке лебедками, погрузке автомобильными и тракторными кранами показали уменьшение износа в 3,5 раза (рис. 5). Так как на износ каната, помимо блоков, оказывали влияние другие факторы, то практическое влияние твердости блоков не дало снижения выносливости канатов.

На ведущих шкивах, где тяговый канат имеет большую длину и служит основой для крепления упоров, бобышек и траверс, при отсутствии продолжительного буксования на отдельных участках срок службы каната никогда не лимитируется твердостью материала шкива.

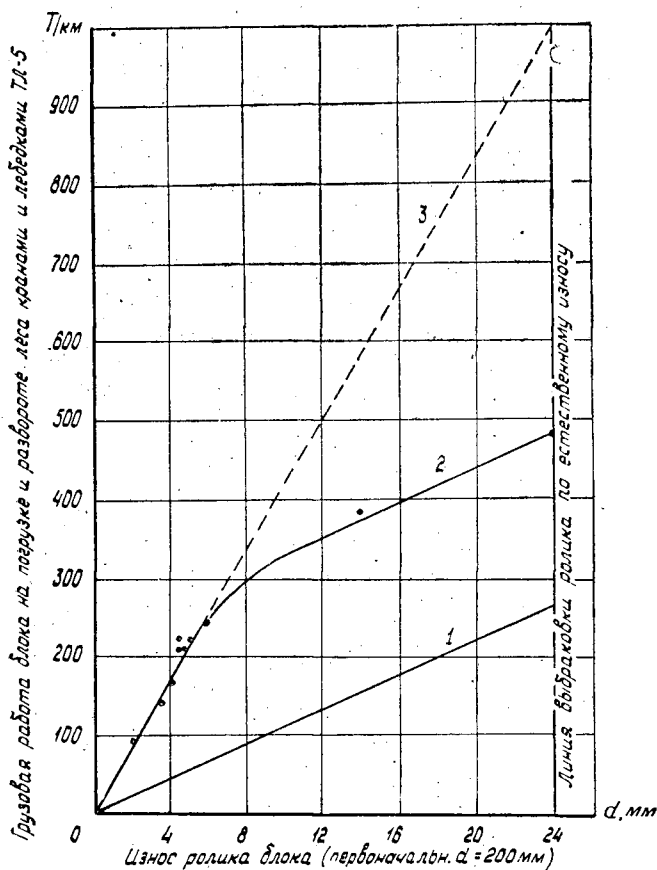


Рис. 5. Характер износа канавки трехтонных блоков в зависимости от твердости материала.

1 — кривая износа серийно выпускаемого чугуного блока; 2 — кривая износа опытных чугуных блоков с отбеленной на глубину 2-3 мм канавкой; 3 — кривая износа блока в предположении отбеливания блока на всю глубину.

Отбеливание канавки чугуных блоков при серийном изготовлении весьма незначительно повышает их стоимость.

### Выводы

1. На канатопроводящих шкивах, блоках и барабанах, обложенных мягкими футеровочными материалами, коэффициент трения повышается, а контактные напряжения в проволоках каната снижаются. Однако скольжение каната и удельная работа трения по дуге охвата футерованного шкива увеличиваются в связи с изменением расстояния нейтрального слоя каната до оси вращения шкива, по мере изменения нормального давления. Поэтому скорость, удельная работа трения и скольжение каната по дуге охвата, определяемые по известным до сего времени формулам, выведенным для ременной передачи, не отвечают фактическим значениям. Для этого их следует учитывать по приведенным формулам.

2. Износ отдельных участков нагруженного каната, попадающих во время включения шкивов и барабанов и в момент отрыва груза от зем-

ли в зону максимального скольжения на дуге охвата в начале набегающей ветви, во многих случаях является решающим. Этими участками и лимитируется долговечность каната, если он во время эксплуатации не попорчен прицепным оборудованием.

Во избежание преждевременного износа не следует систематически загружать рабочую ветвь на одном расстоянии от барабана и избегать попадания одних и тех же участков на шкивы в момент загрузки. Там, где по условию работы не представляется возможным исключить скольжение каната на одном месте (скреперные, бульдозерные лебедки и т. д.), необходимо периодически изменять его длину.

3. При расчете прочности и приводной способности шкивов, длины дуги, на которой наблюдается скольжение каната, следует иметь в виду участие в работе дуги «покоя».

4. Повышение износостойкости блоков, используемых на оснастке канатоблочных трелевочных систем, можно достигнуть отбеливанием канавки блока на глубину 10—15 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Андреев. Физические основы работы привода с гибкой связью. Сб. «Расчет и конструирование деталей машин», Машгиз, 1956. [2]. Н. П. Гавриш. Прочность и долговечность футеровки в направляющих шкивах. Кандидатская диссертация, М., 1952. [3]. Б. Л. Давыдов, Чжоу Ши-юй. Некоторые уточнения теории трения гибких тел. «Вестник машиностроения» № 2, 1958. [4]. Д. Г. Житков, И. Т. Поспехов. Стальные канаты для подъемно-транспортных машин. Metallurgizdat, 1953. [5]. Н. Е. Жуковский. О скольжении ремня на шкивах. М., 1894. [6]. А. И. Колчин. Стальные канаты. Машгиз, 1950. [7]. Н. П. Петров. Трение в машинах, влияние трения при передаче работ упругим ремнем. Изв. С.-Петербургского технологического института, 1894, тип. ИАН, 1895. [8]. П. И. Субботин. Шахтные многоканатные подъемные установки. М., 1958.

Поступила в редакцию  
29 марта 1961 г.



## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛОГО ОПТИЧЕСКОГО ТЕОДОЛИТА (ТОМ) ПО СРАВНЕНИЮ С ТЕОДОЛИТОМ ТТ-50

**Г. М. МАЛЫШЕВ**

Доцент, кандидат технических наук

**А. Т. ЧЕРКОЗЬЯНОВ**

Ассистент

(Уральский лесотехнический институт)

Дальнейшее развитие лесной промышленности и лесного хозяйства, намеченное XXII съездом КПСС, требует более производительных методов лесоинженерных обследований.

С появлением в геодезическом производстве малого оптического теодолита (ТОМ) увеличивается производительность геодезических работ. Этот теодолит предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов со средней квадратической ошибкой одного приема, равной  $\pm 30''$  [1], а также может быть использован при техническом нивелировании. В сочетании с дальномером ДД-5 и вертикальной рейкой его можно применять для измерения линий с точностью 1 : 1000.

Испытания опытных образцов двух малых оптических теодолитов были произведены в 1959 г. ЦНИИГАиК в лабораторных и полевых условиях. Результаты исследования описаны П. И. Дурневой и др. [1].

С 1960 г. теодолиты марки ТОМ выпускают серийно.

Изыскательские партии лесных проектных организаций оснащены в основном теодолитами ТТ-50 и в меньшей степени — малогабаритными теодолитами ТМ-1. В настоящее время теодолит ТТ-50 с производства снят. Вместо него выпускают теодолит ТТ-5 (в трех вариантах). Эти марки относятся к одному типу — механическим теодолитам с верньерами. Время, затрачиваемое на измерение горизонтального и вертикального углов на станции, практически одинаково для всех трех типов теодолитов. Мы сравнивали экономическую эффективность теодолитов ТОМ и наиболее широко применяемого ТТ-50.

Два наблюдателя, независимо друг от друга, проводили измерения тридцати горизонтальных углов, образующих десять треугольников. Одновременно они измеряли вертикальные углы по каждому направлению. Длины сторон треугольников колебались в пределах от 56 до 93 м, углы наклона линий — 0—5°. Инструменты центрировали при помощи нитяного отвеса с точностью 0,5 см, визирование проводили непосредственно на точку. Горизонтальные и вертикальные углы измеряли ТОМом двумя полуприемами, теодолитом ТТ-50 — также двумя полуприемами со взятием отсчетов по двум верньерам как по горизонтальному, так и по вертикальному кругам.

Для установления экономической эффективности фиксировали время, затрачиваемое непосредственно на измерение горизонтальных и вертикальных углов. Время на установку и центрировку инструмента не учитывали, так как оно не зависит от типа теодолита.

Наблюдения были произведены в конце июня и в начале июля 1962 г. при средних метеорологических условиях.

Угловые и высотные невязки треугольников, характеризующие точность измерений, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Угловая невязка треугольника	Количество невязок		Высотная невязка треугольника, м	Количество невязок	
	первый наблюдатель	второй наблюдатель		первый наблюдатель	второй наблюдатель
0'	3	—	0,00	2	2
0',5	2	4	0,01	5	5
1',0	3	3	0,02	—	1
1',5	2	2	0,03	2	2
2',0	—	1	0,04	1	—
	10	10		10	10

«Инструкция по топографическим работам при изысканиях лесозаготовительных и лесосплавных предприятий» [2] предъявляет следующие требования к точности угловых и высотных измерений:

1) предельная угловая невязка  $f_{\beta \text{ пред}}$  в теодолитном ходе

$$f_{\beta \text{ пред}} = \pm 1',5 \sqrt{n},$$

где  $n$  — число углов;

2) предельная высотная невязка  $f_h \text{ пред}$  в тахеометрическом ходе

$$f_h \text{ пред} = \pm m \frac{s}{\sqrt{n}}, \text{ м},$$

где  $n$  — число сторон;

$s$  — периметр хода, км;

$m = 0,4$  при углах наклона от 0 до 5°;

$m = 0,6$  при углах наклона от 5 до 7°;

$m = 0,8$  при углах наклона больше 7°.

Для наших построений  $m_{\beta \text{ пред}} = \pm 2,5$  и  $m_h \text{ пред} = \pm 0,005$  м. Таким образом, точность измерения горизонтальных и вертикальных углов малым оптическим теодолитом вполне удовлетворяет требованиям по производству топографических работ в лесной промышленности.

Данные о затратах времени на измерение горизонтального и вертикальных углов на станции малым оптическим теодолитом и теодолитом ТТ-50 приводятся в табл. 2. Под станцией понимают одновременное измерение на точке горизонтального угла между двумя направлениями и вертикальных углов по ним.

Из табл. 2 видно, что на измерение горизонтального и вертикального углов на станции малым оптическим теодолитом первый наблюдатель тратит 2,2 мин, второй — 3,1 мин; теодолитом ТТ-50 соответственно 4,5 и 6,8 мин, то есть в 2 раза больше.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Точность измерения горизонтальных и вертикальных углов малым оптическим теодолитом вполне удовлетворяет требованиям инструк-

Таблица 2

Количество станций	Время, затраченное на измерение углов, мин			
	первым наблюдателем		вторым наблюдателем	
	ТОМ	ТТ-50	ТОМ	ТТ-50
6	13	33	20	42
6	15	26	18	39
3	7	—	9	—
2	4	—	5	—
2	4	—	8	—
2	4	—	7	—
3	6	—	8	—
2	4	—	6	—
2	4	—	7	—
2	4	—	6	—
Итого 30	65	59	94	81

ции по топографическим работам при изысканиях лесозаготовительных и лесосплавных предприятий [2].

2. Производительность труда при работе малым оптическим теодолитом на точках теодолитно-тахеометрических ходов в два раза выше, чем при работе обычными теодолитами с верньерами, что удешевляет стоимость проводимых работ.

3. Вес ТОМа и всего комплекта (1,9 и 7,7 кг) в 2,2 раза меньше веса теодолита ТТ-50 (5,2 и 16,4 кг) и в 1,5 раза меньше теодолита ТТ-5 (3,3 и 13,8 кг).

4. Наличие уровня на трубе ТОМа позволяет применять его как нивелир для производства технического нивелирования с предельной ошибкой порядка 20—30 мм на 1 км хода.

5. Дальномерная насадка ДД-5 и вертикальная рейка позволяют измерять линии с точностью 1/1000 [1].

Все это дает основание надеяться, что малый оптический теодолит найдет широкое применение при изыскательских работах в лесной промышленности и в лесном хозяйстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Дурнева, А. И. Захаров, Д. Д. Колков. Новые геодезические инструменты — теодолит ТОМ и дальномер ДД-5. «Геодезия и картография» № 8, 37, 1961. [2]. Инструкция по топографическим работам при изысканиях лесозаготовительных и лесосплавных предприятий. Гипролестранс, Л., 1956.

Поступила в редакцию  
19 февраля 1963 г.

## О ВЛИЯНИИ ГРУЗОВ НА ВЕЛИЧИНУ УДАРНЫХ НАГРУЗОК ПРИ СОУДАРЕНИЯХ ЛЕСОВОЗНЫХ ВАГОНОВ

*Н. А. ГАЙДАР*

Аспирант

(Львовский лесотехнический институт)

Интенсивность динамического взаимодействия загруженных вагонов, как известно, определяется соотношением соударяющихся масс, скоростью соударения и жесткостью элементов, воспринимающих ударные нагрузки [1].

В целях смягчения действия продольно-динамических нагрузок подвижной состав оборудуется специальными упругими устройствами. На лесовозных вагонах, имеющих сравнительно небольшой вес, установлены пружинные поглощающие аппараты с линейными характеристиками деформации.

При наездах вагонов друг на друга со значительными скоростями буферные пружины, сжимаясь до отказа, не поглощают всей энергии удара, избыток которой тратится на деформацию элементов конструкции вагонов и грузов.

В связи с этим удар условно подразделяется на две стадии — упругую и жесткую.

На первой стадии энергия деформации почти полностью возвращается в виде механической работы при восстановлении и только незначительная часть безвозвратно поглощается системой (вагон + пакет хлыстов или бревен).

Энергия деформации на стадии жестких ударов только частично возвращается в виде механической работы, а остальная безвозвратно поглощается системой, вследствие возникновения внутренних сил трения и пластических деформаций элементов, воспринимающих ударные нагрузки.

Экспериментальные исследования величины ударных нагрузок при соударениях позволили установить, что значительному уменьшению ударных нагрузок способствуют свойства системы, загруженной бревнами, хлыстами или деревьями с кронами, способными перемещаться вдоль вагонов под воздействием инерционных сил, сравнительно небольшая жесткость элементов, воспринимающих продольно-динамические нагрузки, а также наличие сил трения внутри системы.

Исследования подтверждают, что колебательный процесс соударяющихся вагонов протекает под воздействием неупругих (вязких) сил сопротивления, возникающих внутри системы, которые безвозвратно поглощают значительную часть энергии удара, превращая ее в тепловую.

В результате теоретических исследований, на основании положений элементарной теории свободных колебаний системы с одной степенью свободы, получены формулы для определения величины максимальных значений ударных нагрузок в зависимости от скорости соударения [2]:

на стадии упругих ударов

$$P_{(y) \max} = \frac{v \cdot ж_1}{\sqrt{\lambda_1^2 - \psi_1^2}} e^{-\psi_1 \tau_1} \sin \sqrt{\lambda_1^2 - \psi_1^2} \cdot \tau_1; \quad (1)$$

на стадии жестких ударов

$$P_{(ж) \max} = e^{-\psi_2 \tau_1'} \sqrt{P_0^2 + \left(\frac{ж_{\text{н}}}{\lambda_2}\right)^2 (v_{ж} + 2\psi_2 u_0) v_{ж}}, \quad (2)$$

где  $v$  — относительная скорость движения вагонов перед началом удара;

$ж_1$  — жесткость системы на стадии упругих ударов;

$ж_{\text{н}}$  — то же при выключенных поглощающих аппаратах;

$P_0$  — усилие полного сжатия буферных пружин;

$\lambda_1$  и  $\lambda_2$  — частота продольных относительных колебаний вагонов при упругих и жестких ударах;

$\psi_1$  и  $\psi_2$  — коэффициенты затухания свободных колебаний на соответствующих стадиях удара;

$\tau_1$  и  $\tau_1'$  — продолжительность первого периода упругого и жесткого ударов;

$v_{ж}$  — относительная скорость движения вагонов в момент полного сжатия буферных пружин;

$u_0$  — полная деформация пружин упругого соединения;

$e$  — основание натуральных логарифмов.

При решении практических задач все исходные параметры этих формул можно получить путем расчета или непосредственно по техническим характеристикам подвижного состава, за исключением динамической жесткости системы при выключенных поглощающих аппаратах и коэффициентов затухания свободных колебаний вагонов при ударе.

Для получения численных значений  $ж_{\text{н}}$ ,  $\psi_1$  и  $\psi_2$  была выполнена серия экспериментов по соударениям загруженных систем без пружинных поглощающих аппаратов с различными условиями восприятия и передачи продольно-динамических нагрузок: платформ типа «Лесосудмашстрой», сцепов ЦНИИМЭ (Т-55) и тележек-сцепов РТ-2.

По обработанным осциллограммам записей ударных нагрузок построены графики зависимостей силы ударов при жестких соударениях от скорости набегающего вагона (рис. 1). Пользуясь экспериментальными данными приведенных зависимостей, динамическую жесткость двух соударяющихся вагонов можно определить по известной формуле [4]

$$ж_{\text{н}} = \left(\frac{P}{v}\right)^2 \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}, \quad (3)$$

где  $P$  — сила удара;

$v$  — скорость соударения;

$m_1$  и  $m_2$  — массы соударяющихся вагонов (экспериментальные зависимости получены при  $m_1 = m_2$ ).

Кроме данных эксперимента  $P$  и  $v$ , для определения динамической жесткости необходимо знать массы соударяющихся вагонов.

Если бы грузы были жестко связаны с конструкцией вагона, то определение масс не встретило бы затруднений.

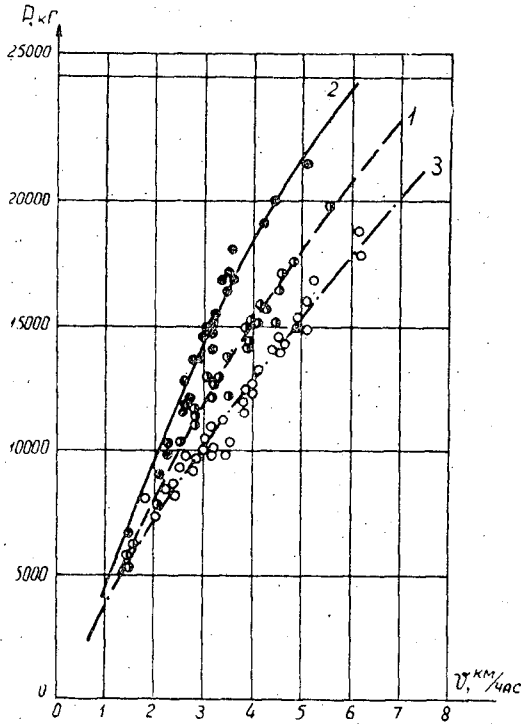


Рис. 1. Зависимость величины ударных нагрузок от скорости набегания вагонов при жестких соударениях.

1 — для платформ типа „Лесосудмашстрой“; 2 — для сценев ЦНИИМЭ (Т-5<sup>в</sup>); 3 — для тележек-сценев РТ-2.

Однако из анализа экспериментальных данных установлено, что при жестких соударениях отдельные горизонтальные ряды или вся пачка древесины несколько сдвигаются вдоль по вагонам в направлении удара под воздействием инерционных сил. В результате таких сдвигов в создании ударной нагрузки принимают участие условные (приведенные) массы, величина которых изменяется в зависимости от скоростей соударения и состоит из массы конструкции вагона, неподвижной части грузов и сил трения сдвинувшейся части.

Смещение отдельных горизонтальных рядов или всей пачки характеризуется соответствующей величиной ускорения, которое получают вагоны в результате удара. Величину ускорения, при котором может произойти сдвиг отдельных частей пачки бревен, можно определить из условия равенства сил по формуле

$$a_{кр} = g \left( f_0 + \frac{0,667n_x^2 kh^3 f_c}{G} \right), \quad (4)$$

где  $n_x$  — количество горизонтальных рядов части пачки, для которой определяется ускорение, вызывающее сдвиг;  
 $h$  — высота одного горизонтального ряда бревен;  
 $k$  — коэффициент интенсивности распора пачки бревен, уложенной беспрокладочным способом;  
 $f_0$  — коэффициент трения между бревнами при относительном сдвиге их вдоль образующей;

$f_c$  — коэффициент трения между бревнами и стойками, ограждающими пачку;

$G$  — вес одного горизонтального ряда бревен.

Такие ускорения имеют верхние и нижние критические значения, которые отвечают определенным значениям скорости начала удара.

При значениях ускорения ниже критического (при очень малых скоростях соударения) величина инерционных сил, развиваемых грузами, не превышает удерживающих их сил трения, и сдвигов не происходит. В данном случае массу вагонов можно легко определить по формуле

$$m = \frac{Q_{бр}}{g}, \quad (5)$$

где  $Q_{бр}$  — вес вагона брутто;

$g$  — ускорение свободно падающего тела.

В пределах ускорений между верхним и нижним критическими значениями величину приведенной массы можно выразить следующим образом:

$$m_{пр} = \frac{Q_{бр} - n_x G (1 - f_b) + 0,667 n_x^3 k h^3 f_c}{g}, \quad (6)$$

где  $n_x G$  — вес сдвинувшейся части пачки при данном ускорении.

При ускорении, превышающем верхнее критическое значение, величину приведенной массы можно найти по формуле

$$m_{кр} = \frac{Q_t + Q_n f_k + 0,667 H^3 k f_c}{g}, \quad (7)$$

где  $Q_t$  — вес тары вагона;

$Q_n$  — грузоподъемность вагона;

$f_k$  — коэффициент сцепления круглого леса с зацепными органами коников вагонов;

$H$  — высота погруженной пачки бревен или хлыстов.

С целью получения необходимых исходных данных для определения величины приведенных масс экспериментально были найдены коэффициенты трения между бревнами при относительном сдвиге их вдоль образующей, коэффициенты трения между бревнами и стойками, коэффициенты сцепления бревен с зацепными органами коников вагонов, а также значения распорных усилий пачки бревен и хлыстов как беспрокладочного штабеля.

На основании полученных данных по формуле (3) установлены численные значения динамической жесткости загруженных вагонов при выключенных поглощающих аппаратах.

Как видно из табл. 1, динамическая жесткость лесовозных вагонов с увеличением начальной скорости соударения несколько изменяется. Однако с достаточной для практических целей точностью эту величину можно считать постоянной и равной: для платформ типа «Лесосудмашстрой» — 345000 кг/м; для сцепов ЦНИИМЭ (Т-55) — 330000 кг/м, для тележек-сцепов РТ-2 — 190000 кг/м.

Для определения численных значений коэффициентов затухания свободных колебаний обычно пользуются экспериментальными данными: изменения величины отклонений системы от положения равновесия, последовательность которых образует геометрическую прогрессию со знаменателем, выражающим фактор затухания [5].

Так как при существующей конструкции сцепки возможны соуда-

Таблица 1

Скорость соударения, км/час	Ударная нагрузка, кг	Приведенные массы вагонов, кг/сек <sup>2</sup> м	Динамическая жесткость вагонов, кг/м	Характеристики соударявшихся вагонов
-----------------------------	----------------------	---	--------------------------------------	--------------------------------------

## Платформы типа „Лесосудмашстрой“

1	4000	1220	342000	Вес брутто — 12,2 Т; длина бревен — 6,5 м; средний диаметр — 25 см; коэффициент интенсивности распора — 0,94 Т/м <sup>3</sup> ; коэффициенты трения бревен по бревнам — 0,65; бревен о стойки — 0,60.
2	8150	1220	345000	
3	12000	1220	347000	
4	15000	1035	352000	
5	18200	975	352000	
6	21300	935	348000	

## Сцепы ЦНИИМЭ (Т-55)

1	5100	2040	327000	Вес брутто — 20 Т; длина бревен — 9,5 м; средний диаметр — 25 см; коэффициент интенсивности распора — 1,38 Т/м <sup>3</sup> ; коэффициенты трения бревен по бревнам — 0,65; бревен о стойки — 0,90 (с учетом лобового сопротивления).
2	9700	1830	330000	
3	14300	1740	334000	
4	18500	1650	336000	
5	22000	1590	317000	
6	24500	1590	310000	

## Тележки-сцепы РТ-2

1	3900	2000	195000	Вес брутто — 19,5 Т; длина хлыстов — 16 м; средний диаметр — 18 см; коэффициент интенсивности распора — 2,07 Т/м <sup>3</sup> ; коэффициенты трения бревен по бревнам — 0,65; бревен о стойки — 0,90 (с учетом лобового сопротивления).
2	7800	2000	195000	
3	10000	1635	176000	
4	12700	1575	167000	
5	15500	1575	158000	
6	18000	1575	148000	

рения вагонов только «на буфер», то регистрация колебательного процесса осуществима не более как на протяжении полупериода с одной максимальной амплитудой, что исключает возможность установления фактора затухания.

В связи с этим возникла необходимость установления величины коэффициентов затухания посредством других характеристик, определяющих изменение параметров свободных колебаний.

В данном случае можно воспользоваться экспериментальными численными значениями коэффициентов восстановления, которые выражают степень поглощения энергии системой при ударе [5].

Конкретные значения коэффициентов восстановления в зависимости от скорости соударения для различных типов вагонов представлены на рис. 2.

Из основ механики известно, что коэффициент восстановления определяется отношением скоростей относительного движения соударяющихся тел в конце и начале удара.

Скорость относительного движения вагонов перед ударом, если один из них стоит, равна скорости набегающего вагона  $v$ .

В любой момент времени на протяжении удара скорость относительного движения вагонов с учетом действия сил трения внутри системы может быть выражена зависимостью [2]

$$\dot{u} = ve^{-\psi t} \left( \cos \lambda' t - \frac{\psi}{\lambda} \sin \lambda' t \right), \quad (8)$$

где  $\dot{u}$  — относительное перемещение вагонов на протяжении удара;

$$\lambda' = \sqrt{\lambda^2 - \psi^2}; \quad (9)$$



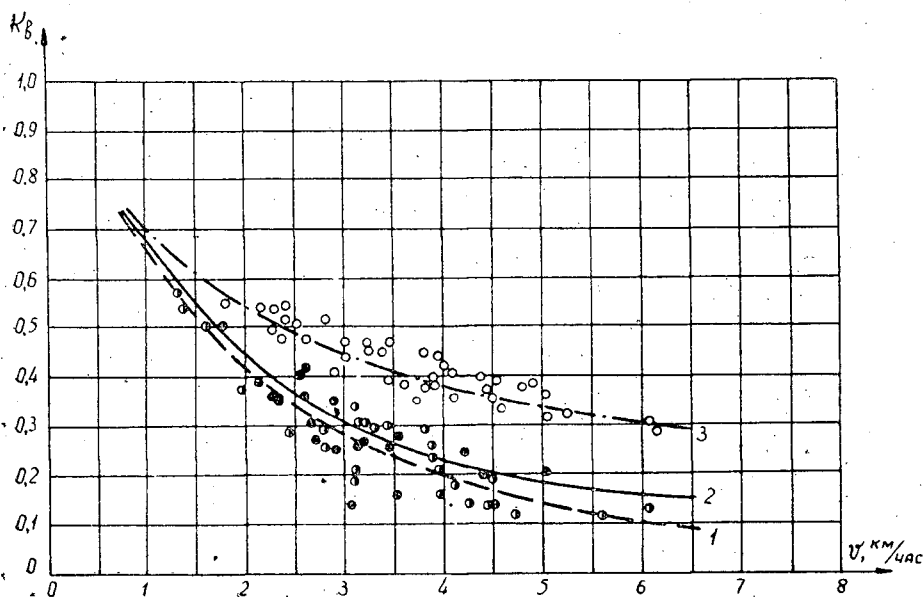


Рис. 2. Зависимость коэффициентов восстановления от скорости соударения вагонов при выключенных поглощающих аппаратах. Обозначения см. на рис. 1.

$\lambda$  — частота продольных относительных колебаний вагонов с выключенными поглощающими аппаратами при ударе (определена экспериментальным путём);

$\psi$  — коэффициент затухания свободных колебаний вагонов при жестких соударениях;

$t$  — время.

Скорость относительного движения вагонов в конце удара, когда  $\lambda' t = \pi$ , а  $t = \frac{\pi}{\lambda'}$ ,

$$u = v_k = -ve^{-\frac{\psi\pi}{\lambda'}}$$

или

$$|v_k| = ve^{-\frac{\psi\pi}{\lambda'}}, \tag{10}$$

тогда коэффициент восстановления

$$k_B = \frac{|v_k|}{|v|} = e^{-\frac{\psi\pi}{\lambda' - \psi^2}}. \tag{11}$$

После преобразований выражения (11) получим формулу для определения коэффициентов затухания

$$\psi = \frac{\lambda \ln k_B}{-\sqrt{\pi^2 + \ln^2 k_B}}. \tag{12}$$

Установленные таким образом численные значения динамической жесткости и коэффициентов затухания для различных типов лесовозных вагонов позволяют с помощью формул (1) и (2) определять максималь-

ные значения продольно-динамических нагрузок, которые воспринимаются элементами конструкции на стадии упругих и жестких соударений с учетом влияния специфических особенностей лесных грузов. С помощью таких расчетов можно более точно найти требуемую эффективность поглощающих аппаратов для каждого типа вагонов, что имеет практическое значение в связи с оборудованием лесовозного подвижного состава автоматической сцепкой.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. С. В. Вершинский. Динамика вагона. Технический справочник железнодорожника, т. 6, Трансжелдориздат, М., 1952. [2]. Н. А. Гайдар. К определению величины ударных нагрузок при соударениях лесовозных вагонов. Сборник работ аспирантов, вып. 1, Львов, 1962. [3]. Н. А. Гайдар. Определение условий стабильности положения грузов при соударении лесовозных вагонов. Сборник работ аспирантов, вып. 1, Львов, 1962. [4]. Л. Н. Никольский и др. Особенности изменения величины сил и напряжений в конструкции вагона при ударах в автосцепку. Вестник ВНИИЖТ № 1, 1962. [5]. Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. Курс теоретической механики, ч. II. ГИТТЛ, М., 1955.

---

Поступила в редакцию  
11 августа 1962 г.

**ВЛИЯНИЕ НА ПОДПОРНУЮ СТЕНКУ  
СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛЫ, ПРИЛОЖЕННОЙ  
НА ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА**

**П. П. ЧЕБОТА**

И. о. доцента

(Сибирский технологический институт)

При проектировании подпорной стенки на станции Базаиха Красноярской железной дороги Дорпроект встретился с необходимостью учесть влияние отдельно стоящих опор на подпорную стенку длиной более 200 м, высотой более 7 м, а также определить величину дополнительного давления грунта на подпорную стенку, которое вызвано действием нагрузки отдельно стоящих опор, принятой нами сосредоточенной.

Ниже рассмотрена пространственная задача Бусинеска. Вопрос о влиянии сосредоточенной силы, действующей перпендикулярно на плоскость, ограничивающую полубесконечное тело, на напряжение внутри него, рассматривается уже давно. Решение этой задачи для упругого изотропного тела было дано Бусинеском в 1885 г.

Это решение дает величины напряжений и деформаций только в точках тела, достаточно удаленных от места приложения сосредоточенной силы. Оно неприменимо для точек, расположенных в непосредственной близости к точке приложения силы, а также далеко от нее, но близко к боковой поверхности тела, ибо оно не может удовлетворить точно граничным условиям на этой поверхности.

Приведем результаты решения Бусинеска для определения напряжений в любой точке  $A$  тела, находящейся на глубине  $Z$  от горизонтальной плоскости, к которой приложена сосредоточенная сила  $P$ ,

$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \left[ \frac{3Zx^2}{R^5} - \frac{1-2\mu}{R(R+Z)} \right] = - \frac{P}{2\pi R^2} \left[ 3 \cos \theta \sin^2 \theta - \frac{1-2\mu}{1+\cos \theta} \right], \quad (1)$$

где  $\mu$  — коэффициент Пуассона;

$R$  — длина радиуса-вектора, соединяющего точку  $A$  с силой  $P$ ;

$x$  — длина горизонтальной проекции радиуса-вектора, или расстояние от точки  $A$  до верхней (горизонтальной) поверхности тела;

$\theta$  — угол, образуемый радиусом-вектором с вертикалью.

Из формулы (1) видно, что  $\sigma_x$  зависит от одной упругой постоянной — коэффициента Пуассона  $\mu$ .

Формулы Бусинеска широко применяются для грунтов, в частности при определении напряжений в любой точке от местной нагрузки на поверхности грунта. Далее Штрошнейдером было установлено, что напряжения, определенные по формулам Бусинеска, следуют линейному

Таблица 1

$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$	$\frac{x}{Z}$	$K_x$
0,00	0,00	0,30	3414	0,60	7922	0,90	8750	1,20	7371	1,50	5611	1,80	4162	3,00	1348				
0,01	3,85	0,31	3603	0,61	8016	0,91	8731	1,21	7292	1,51	5570	1,81	4123	3,10	1242				
0,02	19,56	0,32	3778	0,62	8109	0,92	8711	1,22	7231	1,52	5503	1,82	4058	3,20	1131				
0,03	46,1	0,33	3972	0,63	8198	0,93	8689	1,23	7198	1,53	5443	1,83	4035	3,30	1049				
0,04	75,9	0,34	4186	0,64	8219	0,94	8652	1,24	7146	1,54	5397	1,84	3992	3,40	976				
0,05	138	0,35	4315	0,65	8331	0,95	8614	1,25	7062	1,55	5326	1,85	3961	3,50	896				
0,06	196	0,36	4519	0,66	8401	0,96	8571	1,26	7019	1,56	5300	1,86	3922	3,60	822				
0,07	212	0,37	4688	0,67	8452	0,97	8542	1,27	6952	1,57	5232	1,87	3861	3,70	761				
0,08	266	0,38	4886	0,68	8493	0,98	8486	1,28	6901	1,58	5193	1,88	3836	3,80	710				
0,09	365	0,39	5077	0,69	8562	0,99	8459	1,29	6812	1,59	5142	1,89	3803	3,90	662				
0,10	452	0,40	5231	0,70	8593	1,00	8421	1,30	6772	1,60	5086	1,90	3721	4,00	621				
0,11	544	0,41	5401	0,71	8638	1,01	8372	1,31	6706	1,61	5021	1,91	3721	4,50	442				
0,12	649	0,42	5598	0,72	8692	1,02	8336	1,32	6654	1,62	5012	1,92	3689	5,00	321				
0,13	751	0,43	5721	0,73	8711	1,03	8296	1,33	6603	1,63	4923	1,93	3654	5,50	248				
0,14	861	0,44	5803	0,74	8752	1,04	8261	1,34	6538	1,64	4889	1,94	3602	6,00	196				
0,15	984	0,45	6091	0,75	8779	1,05	8203	1,35	6495	1,65	4834	1,95	3568	6,50	151				
0,16	1091	0,46	6206	0,76	8780	1,06	8131	1,36	6421	1,66	4803	1,96	3557	7,00	122				
0,17	1262	0,47	6462	0,77	8798	1,07	8092	1,37	6342	1,67	4732	1,97	3502	7,50	16				
0,18	1398	0,48	6503	0,78	8803	1,08	8030	1,38	6308	1,68	4698	1,98	3463	8,00	8,4				
0,19	1544	0,49	6682	0,79	8841	1,09	7986	1,39	6244	1,69	4670	1,99	3425	8,50	7,2				
0,20	1698	0,50	6788	0,80	8850	1,10	7933	1,40	6194	1,70	4601	2,00	3403	9,00	6,1				
0,21	1831	0,51	6932	0,81	8842	1,11	7896	1,41	6121	1,71	4562	2,10	3361	9,50	5,4				
0,22	2014	0,52	7086	0,82	8846	1,12	7830	1,42	6073	1,72	4511	2,20	2796	10,09	4,3				
0,23	2196	0,53	7189	0,83	8835	1,13	7771	1,43	6007	1,73	4452	2,30	2331	11,00	3,2				
0,24	2342	0,54	7311	0,84	8829	1,14	7719	1,44	5957	1,74	4438	2,40	2296	12,00	2,4				
0,25	2531	0,55	7432	0,85	8822	1,15	7663	1,45	5893	1,75	4372	2,50	2098	13,00	2,1				
0,26	2698	0,56	7595	0,86	8804	1,16	7601	1,46	5841	1,76	4326	2,60	1903	14,00	1,5				
0,27	2895	0,57	7652	0,87	8793	1,17	7556	1,47	5802	1,77	4301	2,70	1743	15,00	1,3				
0,28	3079	0,58	7752	0,88	8781	1,18	7491	1,48	5734	1,78	4239	2,80	1598						
0,29	3211	0,59	7846	0,89	8763	1,19	7424	1,49	5680	1,79	4214	2,90	1462						

закону и что для любой точки А можно с достаточной для практики точностью принять, что главное напряжение  $\sigma'$  по направлению совпадает с радиусом-вектором  $R$  и равно по величине

$$\sigma' = \frac{3}{2} \frac{P}{\pi} \cdot \frac{Z}{R^3} = \frac{3}{2} \frac{P}{\pi} \frac{\cos \theta}{R^2} \quad (2)$$

Так как в песке (грунт на месте возведения подпорной стенки песчаный) образуется несущее тело конусообразной формы с вершиной в точке приложения силы  $P$ , причем для рыхлого (насыпного) песка поверхность, обволакивающая конус, у вершины наклонена на  $35^\circ$ , то угол наклона по мере увеличения глубины  $Z$  непрерывно уменьшается и на определенной глубине, в зависимости от величины  $P$ ; относительной плотности песка и размера загруженной поверхности, он равен нулю.

Образование этого конуса объясняется неоднородностью песка, в частности, изменением модуля деформации  $E$  грунтов в зависимости от глубины  $Z$  (так как изменяется плотность песка).

В процессе эксперимента при помощи грунтодатчиков Г. А. Пчелкина было установлено, что максимальное  $\sigma_x$  имеет место, если  $0,81 < \frac{x}{Z} < 0,8875$ . Следовательно, если  $\frac{x}{Z} \approx 0,8875$ , то есть если  $P$  достаточно удалена от стенки по сравнению с глубиной  $Z$  рассматриваемой точки, горизонтально направленное нормальное напряжение  $\sigma_x$  имеет наибольшее значение.

В механике грунтов пользуются формулами Бусинеска для определения вертикально направленного нормального напряжения. Для этого случая имеются специальные таблицы и графики.

Аналогичные таблицы составлены нами для  $\sigma_x$  (значений, которые интересовали нас) при  $\mu = 0,4$ .

В табл. 1 приведены коэффициенты  $K_x$ , на которые надо умножить значения  $\frac{P}{Z^2}$ , чтобы получить величину  $\sigma_x$ . Значения коэффициентов  $K_x$  увеличены в 100000 раз. Коэффициент  $K_x$  берется в зависимости от величины  $\frac{x}{Z}$  для точки, напряжение в которой мы находим.

Применяющиеся методы учета влияния сосредоточенной силы через грунт на подпорную стенку дают иное решение задачи. Сосредоточенная сила производит дополнительное давление в какой-то части стенки, зависящей от положения силы. Кроме того, сила, находящаяся за пределами призмы обрушения, не оказывает давления на стенку.

Произведенный нами учет показал, что сосредоточенная сила влияет на подпорную стенку по всей высоте на любом расстоянии от нее.

### Вывод

Применяя формулы Бусинеска к пространственной задаче, можно определить величину напряжения в любой площадке грунта, ограниченной сверху плоскостью, на которую действует сосредоточенная сила, достаточно удаленная от точки, напряжения в которой мы ищем. Для измерения давления грунта на подпорную стенку, вызванного сосредоточенной силой, действующей на наружной поверхности грунта, и сопоставления его с полученными теоретическими данными намечено провести экспериментальные работы. Это позволит оценить качество сделанного теоретического расчета.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛИЯНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ  
ИНСТРУМЕНТОВ НА УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ С УЧЕТОМ  
НАПРАВЛЕНИЯ ВОЛОКОН И ПОРОДЫ

Т. А. НОСОВСКИЙ

Ассистент

(Львовский лесотехнический институт)

Известно, что с увеличением времени работы реза возрастает мощность, потребляемая на резание, ухудшаются условия подачи материала, а также качество обработки.

Все это обусловлено непостоянством процесса резания, связанного с изменением микрогеометрии режущей части инструмента, которое происходит вследствие износа. Это непостоянство проявляется в непрерывном изменении режимных составляющих процесса резания, прежде всего, толщины снимаемого слоя и угловых параметров.

Отсюда становится ясным, что оптимальные значения угловых параметров острых резцов не будут оптимальными для резцов, проработавших известное время. Тем не менее существующие в настоящее время рекомендации для различных случаев резания получены без учета затупления.

Современная деревообработка фактически не учитывает фактора затупляемости режущих инструментов или учитывает его весьма приближенно. Изменение режущей способности резцов на практике определяется продолжительностью работы инструмента между переточками, выраженной коэффициентами увеличения мощности на резание.

Отмеченные коэффициенты рекомендуется распространять на все случаи резания независимо от породы древесины, направления резания по отношению к направлению волокон, углов резания и др.

Учитывая вышеизложенное, мы провели специальное исследование, в задачу которого входило — при элементарном резании выяснить связь элементарного критерия затупления  $\rho$  с силовыми параметрами процесса резания при различной толщине снимаемого слоя и различных углах резания.

Взяты были три древесные породы — ель, бук, граб — и два направления резания — продольное и поперечное. Резание проводилось при влажности древесины  $W = 10 \div 12\%$  с углом заострения резцов  $\beta = 35^\circ$ . Скорость резания — 1,2 м/мин. Режущие грани резцов после заточки подвергались доводке на полированном круге.

Кривая затупления получалась путем исследования оттисков режущей части резцов на свинцовых слепках. В экспериментах были использованы резцы, в которых оттиск режущей части представлял дугу окружности. Резцы изготовлялись из углеродистой стали 85 х Ф твер-

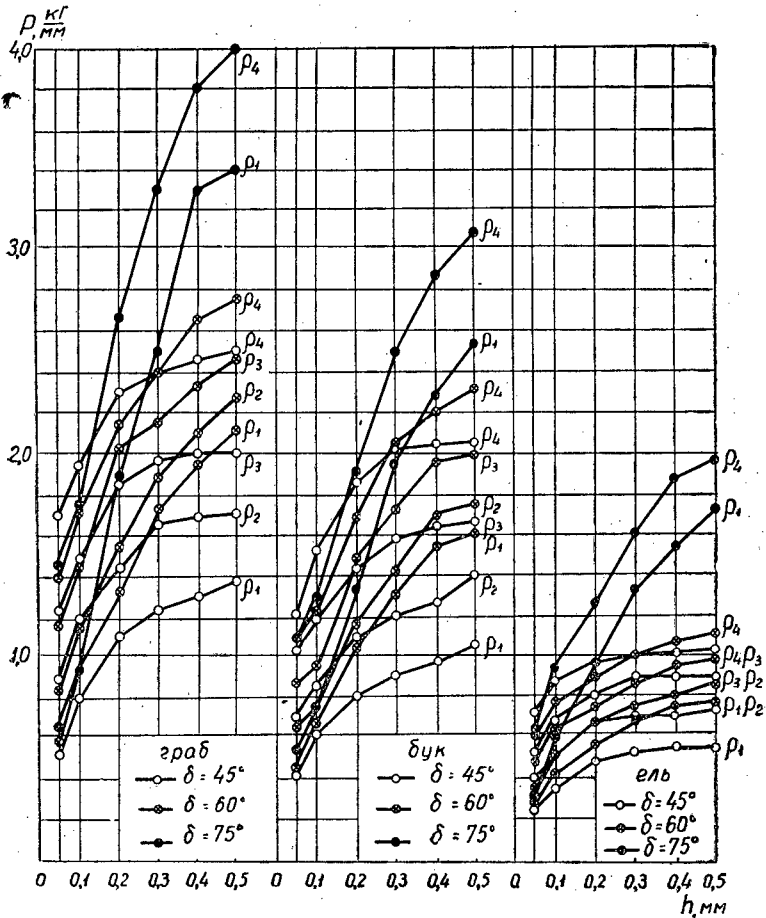


Рис. 1. Зависимость средних усилий резания  $P$  от толщины снимаемого слоя  $h$  при различной остроте резцов  $\rho$  и различных углах резания  $\delta$  при резании вдоль волокон.

$\rho_1 = 8 \text{ мк}$ ;  $\rho_2 = 32 \text{ мк}$ ;  $\rho_3 = 50 \text{ мк}$ ;  $\rho_4 = 75 \text{ мк}$ .

достью  $R_c = 46 \div 48$ . Результаты опытов приведены в виде графиков на рис. 1 и 2.

Анализ результатов экспериментов позволяет прийти к следующим выводам.

1. Влияние степени остроты инструмента, характеризуемой элементарным критерием  $\rho$ , на усилия резания зависит от толщины снимаемого слоя. Чем тоньше снимается слой, тем больше влияние остроты резца на усилия резания. Как показывают графики, величина увеличения усилий резания при переходе от одной степени остроты к другой не зависит от толщины снимаемого слоя, а зависит только от величины  $\rho$ . Это объясняется, видимо, постоянством величины работы задней грани резца в общем балансе усилий резания.

2. Зависимость усилий резания от толщины снимаемого слоя при всех значениях  $\rho$  и рассматриваемых углах резания подчиняется выражению

$$P = P_0 + k_1 h - k_2 h^2,$$

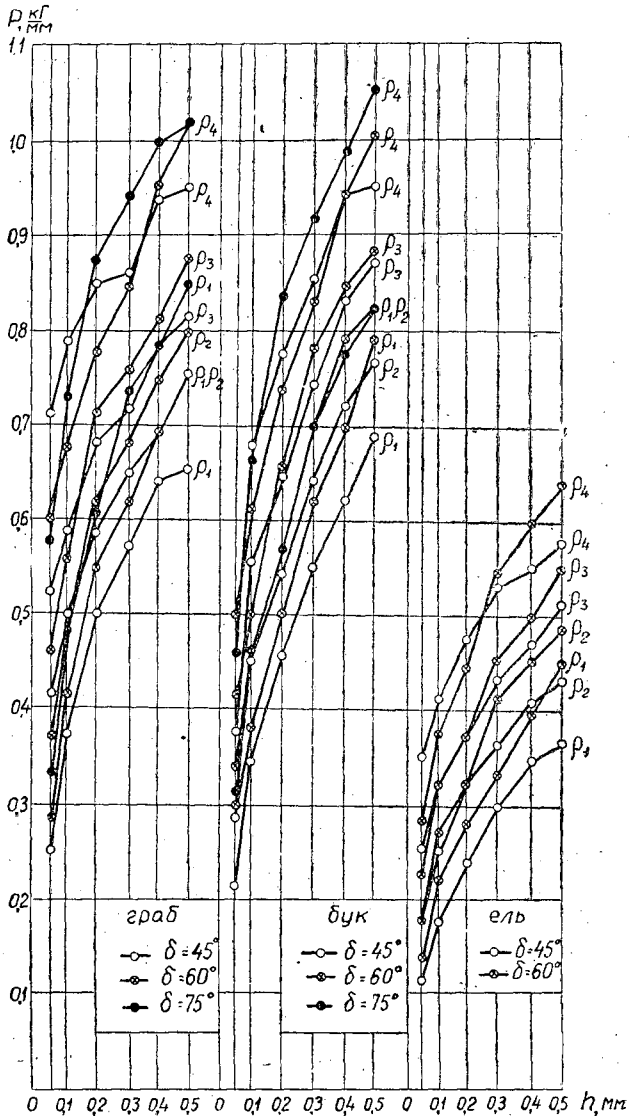


Рис. 2. Зависимость средних усилий резания  $P$  от толщины снимаемого слоя  $h$  при различной остроте резцов  $\rho$  и различных углах резания  $\delta$  при резании поперек волокон.  
 $\rho_1 = 8 \text{ мк}$ ;  $\rho_2 = 32 \text{ мк}$ ;  $\rho_3 = 50 \text{ мк}$ ;  $\rho_4 = 75 \text{ мк}$ .

где  $P$  — среднее усилие резания,  $\frac{кг}{мм}$ ;  
 $P_0$  — начальное усилие,  $\frac{кг}{мм}$ ;  
 $k_1, k_2$  — опытные коэффициенты;  
 $h$  — толщина снимаемого слоя,  $мм$ .

3. С увеличением угла резания степень влияния остроты инструмента на усилия резания уменьшается. При определенных значениях элементарного критерия остроты  $\rho$  и толщины снимаемого слоя  $h$  с увеличением угла резания усилия резания не увеличиваются, а даже уменьшаются. В данном случае речь идет об увеличении углов резания



за счет соответствующего изменения переднего и заднего углов резания при постоянном угле заострения.

Отмеченное здесь положение также, видимо, объясняется работой задней грани реза, которая уменьшается с увеличением угла резания (заднего угла). При острых резах, как известно, подобного положения не наблюдается.

4. Степень влияния остроты резцов на усилия резания зависит от прочностных и упругих свойств древесных пород. При ухудшении остроты влияние ее больше при резании бука и граба, чем при резании ели.

5. Для исследованных пород степень остроты инструмента сказывается на увеличении усилий резания в значительно большей степени при резании вдоль волокон, чем при резании поперек волокон. Это объясняется, по нашему мнению, прежде всего характером стружкообразования, которое при резании вдоль и поперек волокон различно.

Кроме этого, характер стружкообразования зависит от остроты реза. При резании вдоль волокон она в меньшей степени влияет на изменение стружкообразования и качество поверхности обработки.

При поперечном резании характер стружкообразования резко зависит от степени остроты. Так, если при резце острым наиболее характерными является лентообразная стружка с трещинами и стружка скалывания, то при поперечном резании резцом затупившимся наблюдается, главным образом, стружка отрыва. Поверхность обработки получается весьма недоброкачественной, в виде сплошных вырывов. Говорить при этих условиях о полном значении величины работы задней грани не приходится. В этом случае резание осуществляется как бы в два этапа.

На первом этапе наиболее выступающая передняя точка режущей части реза производит смятие и перерезание. Второй этап характеризуется формированием поверхности обработки, однако не путем вальцевания (мятия), как при продольном резании, а путем вторичного излома. Зачастую о резании в этом случае (при значительной величине  $\rho$ ) можно говорить только условно. Нарушается даже принцип элементарного резания, предусматривающий постоянство толщины снимаемого слоя, которая становится, фактически, переменной (см. схему рис. 3).

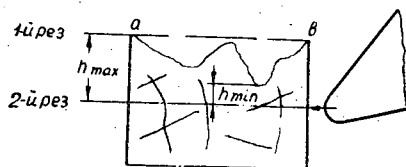


Рис. 3. Схема резания поперек волокон тупым резцом.

Если при данной плоскости обработки  $a—в$  второй рез осуществляется острым резцом, то при этом потребуется усилие резания меньшее, чем в том случае, когда предыдущий первый рез был образован также острым резцом, так как фактический объем снимаемого слоя в первом случае меньше.

Следовательно, наблюдающееся в экспериментах меньшее влияние степени остроты на усилие поперечного резания по сравнению с продольным объясняется, главным образом, двумя причинами:

а) снижением усилия деформации стружки, вследствие уменьшения ее толщины (рис. 3);

б) уменьшением работы задней грани реза для преодоления упругого взаимодействия волокон из-за образования стружки отрыва.

Опыты показывают, например (рис. 1 и 2), что если при резании бука вдоль волокон с толщиной снимаемого слоя  $h = 0,5$  мм,  $\rho = 75$  мк и угле резания  $\delta = 60^\circ$  усилие резания возросло в 1,45 раза по сравнению с резанием при тех же условиях и  $\rho = 8$  мк, а при тех же условиях и угле резания  $45^\circ$  — в 1,99 раза, то есть уменьшилось на 26,3%, то при резании бука поперек волокон и тех же условиях соответственно имеем 1,35 и 1,48, то есть снижение только на 8,1%.

Угол резания во втором случае относительно мало влияет на изменение относительного увеличения усилий, что свидетельствует об отмеченном выше уменьшении работы задней грани резца из-за снижения величины упругого взаимодействия поверхности обработки.

При углах резания  $60-75^\circ$  и толщине снимаемого слоя  $h = 0,5$  мм (рис. 1 и 2), относительное увеличение усилий резания почти одинаково в обоих направлениях.

В этом случае можно считать, что работа задней грани из-за упругого взаимодействия сведена к минимуму.

Приведенные опытные кривые дают возможность судить о количественном влиянии степени остроты режущих инструментов на усилия резания в зависимости от исследованных факторов.

Проведенное нами исследование позволяет заключить, что создание рациональных режимных показателей процесса резания можно осуществить только с учетом изменения микрогеометрии режущих инструментов.

Принимаемые в расчетах допущения о постоянстве влияния степени остроты дереворежущих инструментов на усилия резания при изменении других составляющих режима обработки не имеют основания и могут привести к значительным количественным и качественным погрешностям.

Поступила в редакцию  
22 января 1963 г.

## ОПЫТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАМНОГО ПИЛЕНИЯ

**Е. М. БОРОВИКОВ**

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Лесопильная рама является основным и наиболее важным станком, определяющим производительность лесопильного потока в целом. Поэтому не случаен значительный интерес, который проявляют отдельные научные работники и научные учреждения к изучению работы лесопильной рамы и процесса рамного пиления. За последние годы появился ряд работ, в котором описаны установки по исследованию рамного пиления.

В научном отчете ЦНИИМОД\* дается описание установки, сделанной на базе поперечно-строгального станка.

В работе А. В. Моисеева [1] описана более совершенная, специально изготовленная установка, в которой рамная пила остается неподвижной, а возвратно-поступательное движение от дезаксиального кривошипа сообщается каретке, с закрепленным на ней образцом.

Однако наиболее удачной и оригинальной следует считать установку Кивимаа [3]. Эта установка пристраивается к работающей лесопильной раме. В ней используется механизм резания действующей рамы. Надвигание распиливаемых образцов на пилу осуществляется механизмом подачи лесопильной рамы.

Производя опыты по измерению усилий резания и подачи на действующей раме, Кивимаа получил осциллограммы, которые значительно точнее описывают процесс рамного пиления, чем осциллограммы предшествующих исследований.

Однако использование механизма подачи лесопильной рамы для надвигания на пилу распиливаемого образца в установке Кивимаа в какой-то мере можно считать недостатком. Из исследований Е. Г. Ивановского [2] и Тунелля [5] известно, что скорость движения подаваемого материала в лесопильной раме не остается постоянной вследствие проскальзывания во фрикционной паре механизма подачи, а также вследствие скольжения подвижного материала в подающих вальцах. Поэтому толщина стружки, срезаемой зубьями рамной пилы за рабочий ход, и объем деформируемой древесины при скоблении зубьев пил о дно пропила за холостой ход из-за неравномерного движения подаваемого материала будут не всегда соответствовать данным теоретических иссле-

\* В. Ф. Фонкин. Влияние способа уширения зубьев рамных пил на чистоту боковых поверхностей пропила. Научный отчет ЦНИИМОДа, Химки, 1956.

дований, рассчитанных из условия непрерывной равномерной подачи. Как следствие сказанного, усилие резания и подачи, замеренные на такой установке, также могут отличаться от возможных усилий, которые обусловлены кинематикой лесопильной рамы.

По-видимому, степень такого несоответствия для разных лесопильных рам будет неодинаковой. Она будет определяться в каждом конкретном случае техническим состоянием механизма подачи лесопильной рамы.

Наилучшим образом непрерывную подачу распиливаемого материала мог бы осуществить специальный приставной механизм, подобный описанному в другой работе Кивимаа [4], где он был использован на установке для изучения нового способа пиления.

Определенным недостатком установки Кивимаа является также постепенное увеличение усилия резания по мере движения распиливаемого образца из-за непостоянства расстояния между рамной пилой и задней опорой образца. Поэтому для получения истинных значений усилий резания необходимо проводить дополнительные вычисления. Кроме того, невозможно непосредственно сравнивать осциллограммы отдельных рабочих циклов исследуемого процесса пиления.

Для изучения влияния затупления рамных пил на изменение силы резания и усилия подачи нами была сконструирована опытная установка в виде приставки к действующей лесопильной раме. При конструировании установки были учтены все высказанные выше замечания. Установка сконструирована применительно к лесопильной раме фирмы «Машинверкен» с ходом пильной рамки 500 мм, число оборотов коленчатого вала  $n = 283$  об/мин. Данная лесопильная рама установлена в лесопильном цехе учебно-производственных мастерских АЛТИ.

Принципиальная схема установки показана на рис. 1. Из рисунка видно, что образец 1, закрепленный в обойме 2, надвигается на рамную пилу 3 через толкатель 4 ходовым винтом 5 механизма подачи. Обойма

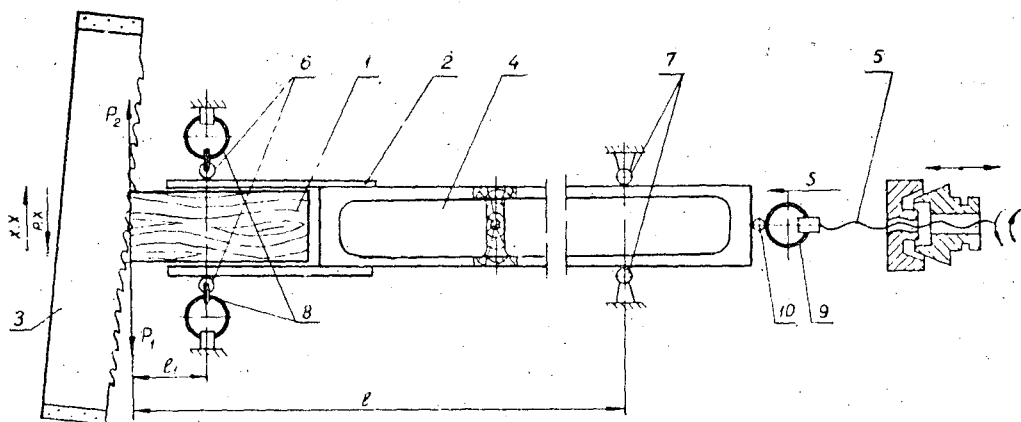


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования процесса рамного пиления.

с толкателем, которые воспринимают усилия, действующие на образец, опираются на опорные передние и задние ролики 6 и 7. Расстояние между задними опорными роликами 7 и рамной пилой 3, равное  $l$ , в данной установке всегда постоянно. Для измерения усилия резания  $P_1$  и усилия, затрачиваемого на преодоление скобления зубьев однопропильной при холостом ходе пильной рамы (в нашем случае это усилие обо-

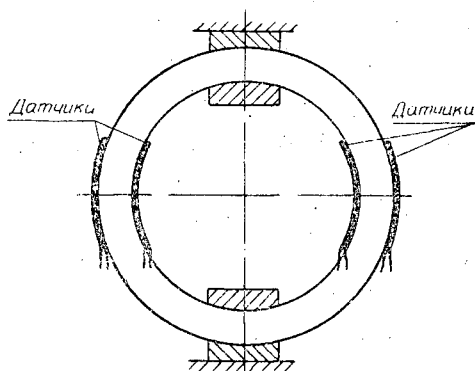


Рис. 2. Схема закрепления проволочных датчиков на кольце.

значено через  $P_2$ ), передние поддерживающие ролики закреплены на стальных кольцах 8. Эти кольца служат чувствительными элементами в измерительной схеме усилий  $P_1$  и  $P_2$ . Нижнее кольцо неподвижно крепится к станине установки, а верхнее — в траверсе вертикальных стоек станины. Для измерения усилия подачи  $S$  в качестве чувствительного элемента служит кольцо 9, которое неподвижно закреплено на конце ходового винта 5 и при движении последнего надвигается через шарик 10 на толкатель 4. Для регистрации усилий резания и подачи на чувствительные элементы (кольца) наклеивались проволочные датчики с базой 20 мм, сопротивлением 184,5 ом. На каждое кольцо было наклеено по четыре датчика, которые соединялись по схеме полного электрического моста. Расположение датчиков на кольце показано на рис. 2. Такое расположение датчиков позволяет исключить влияние изменения температуры окружающей среды на результаты измерения и увеличить чувствительность схемы. Кольца были изготовлены из стали марки 40Х, а затем закалены и отпущены до твердости  $H_{RC} = 54$ . Размеры колец подбирались таким образом, чтобы при нагружении до 700 кГ они давали линейное изменение силы тока в измерительной диагонали электрического моста. Были выбраны кольца со следующими размерами: наружный диаметр — 100 мм, внутренний диаметр — 70 мм, ширина кольца — 20 мм. Чтобы получить соизмеримые величины усилий на осциллограмме, все три кольца имеют одинаковые размеры. Питание электрических мостов и усилие тока в измерительных диагоналях их производилось с помощью усилителя типа ТУ-6М. Питание электрических мостов производилось переменным током с частотой 7000 гц. Регистрация усилий осуществлялась осциллографом МПО-2. Для записи усилий использовались вибраторы типа I.

Аппаратура, питающая электрический мост, и измерительная была вынесена из лесопильного цеха в отдельное помещение. Все питающие и измерительные электрические линии были выполнены экранированным проводом, экран которого был заземлен.

Тарировка датчиков производилась по динамометру ДС-1. На рис. 3 показана тарировка датчика подачи. При тарировке динамометр 1 опорной поверхностью упирался в брусок 2, а на другую опорную поверхность давалась нагрузка через датчик 3 ходовым винтом 4. Величина усилия определялась по прилагаемой к динамометру таблице в зависимости от показателей индикатора 5. Датчики усилий  $P_1$  и  $P_2$  тарировались одновременно при установке динамометра в распор между передними верхним и нижним опорными роликами.

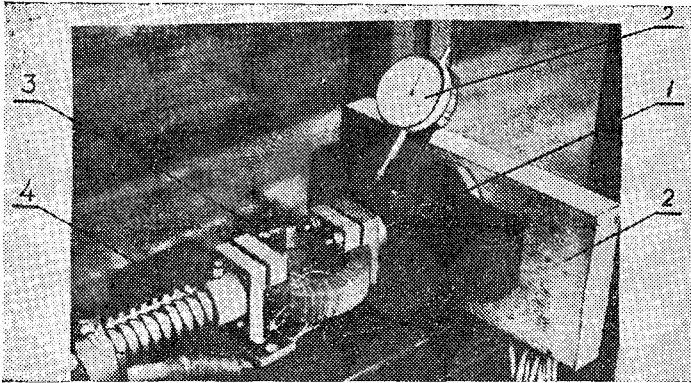


Рис. 3. Тарировка датчика подачи.

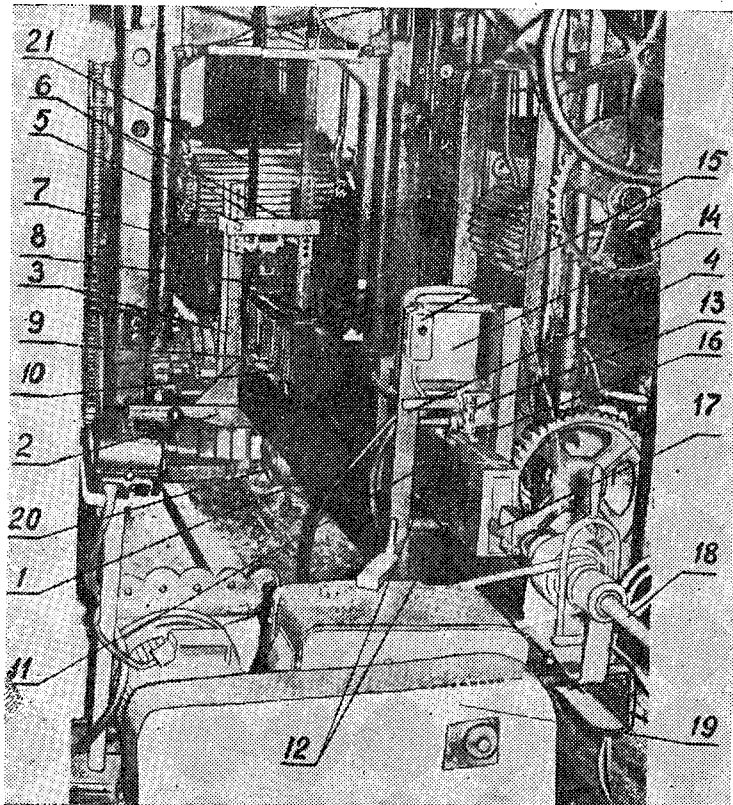


Рис. 4. Общий вид опытной установки для исследования рамного пиления.

Общий вид установки для исследования процесса рамного пиления, присоединенной к лесопильной раме, показан на рис. 4.

Основной несущей конструкцией установки является станина сварной конструкции. Станина сварена из швеллерных балок различных размеров. К двум продольным балкам 1 (швеллер № 14) в передней части

приварена траверза 2 и две передние вертикальные стойки 3. В задней части балок 1 приваривается арочная траверза с двумя задними вертикальными стойками 4.

В верхней части передних вертикальных стоек 3 просверлены отверстия, через которые продеваются болты, крепящие верхнюю траверзу 5. К верхней траверзе 5 при помощи двух регулирующих болтов 6 закрепляется датчик (кольцо) 7, к которому в свою очередь крепится верхний передний опорный ролик 8. Нижний передний опорный ролик показан над номером 9. Между опорными роликами 8 и 9 находится обойма 10 с толкателем 11. Обойма 10, в которой закрепляется распиливаемый образец, сварена из угловой стали и максимально облегчена путем прострожки и высверливания полок уголков. Толкатель 11, жестко соединенный с обоймой, склеен из отдельных тонких досок и имеет двутавровое сечение. Максимальное облегчение обоймы и толкателя, проведенное с целью устранения возможного возникновения инерционных нагрузок в процессе пиления, позволило довести их суммарный вес до 7 кг. Жесткость обоймы и толкателя, как показали пробные распиловки, оказалась достаточно высокой. При изменении высоты распиливаемого образца положение верхнего переднего опорного ролика 8 также может изменяться путем поднятия траверзы 5 и последующего закрепления ее в выше расположенных отверстиях вертикальных стоек 3. Максимальная высота распиливаемых образцов равна 500 мм.

Точная регулировка положения ролика 8 производится с помощью регулировочных болтов 6. Задние опорные ролики 12 посажены на осях, закрепленных в задних стойках 4. Как передние, так и задние опорные ролики выполнены на шариковых подшипниках и поэтому оказывают незначительное сопротивление движению толкателя. Как показали измерения, это сопротивление не превышает 0,1 кг.

На задних стойках кроме того закреплены: конечный выключатель 13, пускатель 14 и кнопка 15. Конечный выключатель 13 при взаимодействии с упором 16, закрепленным на толкателе 11, автоматически включает регистрирующую аппаратуру (осциллограф МПО-2).

Толкатель 11 получает поступательное движение через датчик усилия подачи 17 от ходового винта 18 механизма подачи 19.

Для того чтобы закрепить опытную установку на лесопильной раме, открывают передние ворота и переднюю траверзу 9 установки накладывают на передние выступы боковин станины лесопильной рамы. Затем траверза 9 наглухо при помощи болтов притягивается к станине. В то же время задняя арочная траверза 1 (рис. 5) устанавливается на головки рельсов впередирамных путей и с помощью специальных захватов соединяется с ними. Рамная пила 21 закрепляется в пильной рамке против середины распиливаемого образца. Для облегчения транспортировки опытная установка имеет три катка (передний каток показан на рис. 4 под номером 20).

Механизм подачи установки показан на рис. 5. В принципе он представляет собой винтовую пару, состоящую из ходового винта 2 и гайки, запрессованной в маховичок 3. При включении ручкой 4 конусной муфты маховичок 3 приводится во вращательное движение клиновым ремнем 5, получающим движение от электродвигателя 6 через бесступенчатый вариатор 7. Поскольку маховичок 3 торцами упирается в упоры и не имеет продольного перемещения, он при своем вращении запрессованной гайкой перемещает ходовой винт 2 вдоль оси. Вращение ходового винта при этом исключено, так как он имеет на всей длине шпаночный паз, в который входит шпанка, закрепленная в направляющей втулке 8. Направление движения ходового винта может меняться.

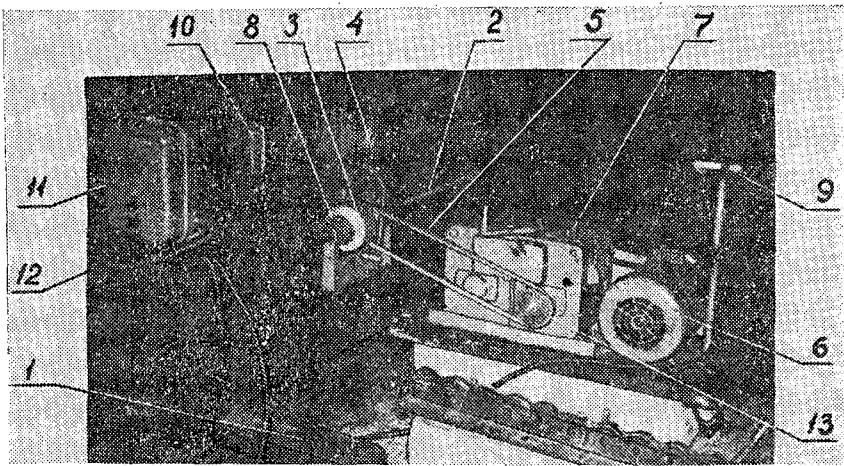


Рис. 5. Механизм подачи установки.

путем изменения направления вращения электродвигателя при помощи реверсивного рубильника 9.

Пуск механизма подачи во время испытания осуществляется кнопкой 10 и пускателем 11. В цепь катушки пускателя включен конечный выключатель 12, обеспечивающий автоматическое отключение электродвигателя от силовой сети в случае перемещения толкателя на величину, больше допустимой. Максимальный ход толкателя равен 700 мм. Изменение величины подачи производится путем изменения числа оборотов маховичка 3, для чего служит вариатор 7. Кроме того, числа оборотов дополнительно могут изменяться заменой шкива 13.

Величина подачи образца подсчитывается по известной формуле

$$S = t \cdot n,$$

где  $S$  — подача распиливаемого образца, мм;

$t$  — шаг ходового винта, мм;

$n$  — число оборотов маховичка (рис. 5), об/мин.

Величина подачи на данной установке может изменяться от 0 до 50 мм на оборот коленчатого вала лесопильной рамы. На установке можно получить небольшие подачи, что позволяет изучить процесс пиления рамной пилой с одним зубом.

Для регистрации количества оборотов и записи их на осциллограмме был установлен специальный индукционный датчик. В качестве датчика была использована магнитная система с катушками от головного телефона типа ТОН-2.

Чтобы получить электрический сигнал, на ободу маховика коленчатого вала лесопильной рамы крепится якорь, против которого на специальном кронштейне устанавливалась магнитная система. Кронштейн крепился к станине рамы. При вращении маховика в магнитной системе датчика возбуждался электрический ток, который через выпрямитель, собранный на диодах типа Д1А, подавался на шлейф осциллографа. Величина индуктируемого тока регулировалась зазором между якорем и торцом датчика. Датчик на станине установлен с таким расчетом, что он выдавал сигнал, когда пильная рамка находится в верхнем мертвом положении. На осциллограмме наносилась также отметка времени с частотой 500 гц/сек.



В качестве иллюстрации на рис. 6 приводятся две осциллограммы процесса рамного пиления, записанного при скорости движения пленки 250 мм/сек.

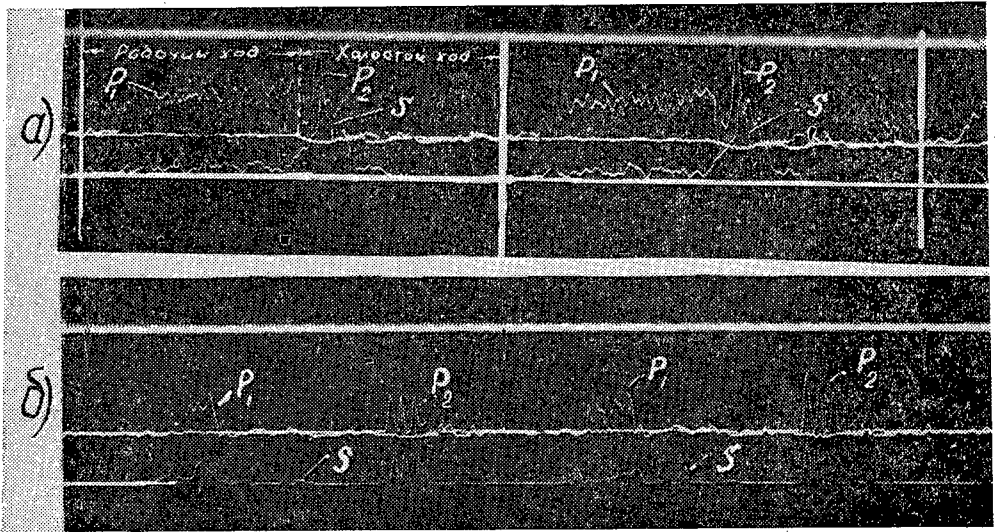


Рис. 6. Осциллограммы процесса рамного пиления:  
а — обычной пилой с плюшевыми зубьями; б — пилой с одним зубом.

При анализе осциллограмм, полученных на описываемой установке, можно заключить, что они достаточно хорошего качества, легко поддаются расшифровке и сравнительно легко могут быть обработаны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Моисеев. Экспериментальные осциллограммы процесса рамного пиления. Научные доклады высшей школы, «Лесоинженерное дело» № 4, 1958.
- [2]. Д. Ф. Шапиро, Е. Г. Ивановский. Новый рамный фотоиндикатор и его роль в изучении рамных механизмов. Журн. «Механическая обработка дерева» № 6, 1934.
- [3]. E. Kivimaa. Cutting Force in Frame Sawing Paperi ja Puu, Vol 41 (1959) № 1, S. 3/16.
- [4]. E. Kivimaa. Holz als Roh- und Werkstoff (1961) № 10, S. 398/403.
- [5]. B. Thunell. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 18 (1960) S. 314/317.

Поступила в редакцию  
13 декабря 1962 г.

## НАПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ ВНЕДРЕНИИ В НЕЕ РЕЗЦА \*

Е. А. ИЦКОВИЧ

Доцент, кандидат технических наук

(Сибирский технологический институт)

В связи с тем, что усилие резания непосредственно связано с теми напряжениями, которые возникают в древесине во время этого процесса, нами была поставлена задача выяснения направления напряжений при внедрении резца в типичных случаях резания.

Для этого мы использовали метод лаковых покрытий, который для исследования процесса резания был, в свое время, рекомендован М. Н. Орловым [4].

При использовании этого метода на поверхность образца наносится лак, который под нагрузкой дает трещины, располагающиеся в изотропном материале перпендикулярно действующим растягивающим напряжениям. При быстром снятии нагрузки можно получить трещины, перпендикулярные сжимающим напряжениям. Отклонение от данного положения, вызываемое анизотропностью древесины, мы проверили испытаниями на стандартных образцах и нашли его очень небольшим. Так, угол между главными напряжениями, теоретически равный  $90^\circ$ , имел отклонение в  $2 : 3^\circ$  при точности опыта  $P < 3\%$ .

Для испытания нами из различных пород были подготовлены образцы, которые длительное время выдерживались в лаборатории. На специальной установке их подвергали, при ручной подаче, внедрению резцов на разную глубину при различной толщине стружки. В некоторых случаях проводили только внедрение, а в других — резание с образованием многих элементов стружки.

Было проведено резание поперечное (при различных углах встречи с годичными слоями), в торец и продольное. Видимые картины трещин фотографировались, а также фиксировались при помощи рисувального аппарата.

Первая задача, которая была поставлена, заключалась в определении направления главных напряжений.

Для этого были взяты образцы сосны, выбраны толщина стружки  $h = 1$  мм и резец с углом резания в  $40^\circ$  и задним углом, равным нулю. Резец внедрялся в древесину на глубину 0,5 мм. Трещины зарисовывались. Многие рисунки для однородных условий опыта были совмещены

\* В проведении и обработке экспериментов принимали участие студенты факультета механической технологии древесины Сибирского технологического института Э. Войнова, О. Ретанова, Л. Пахнутова.

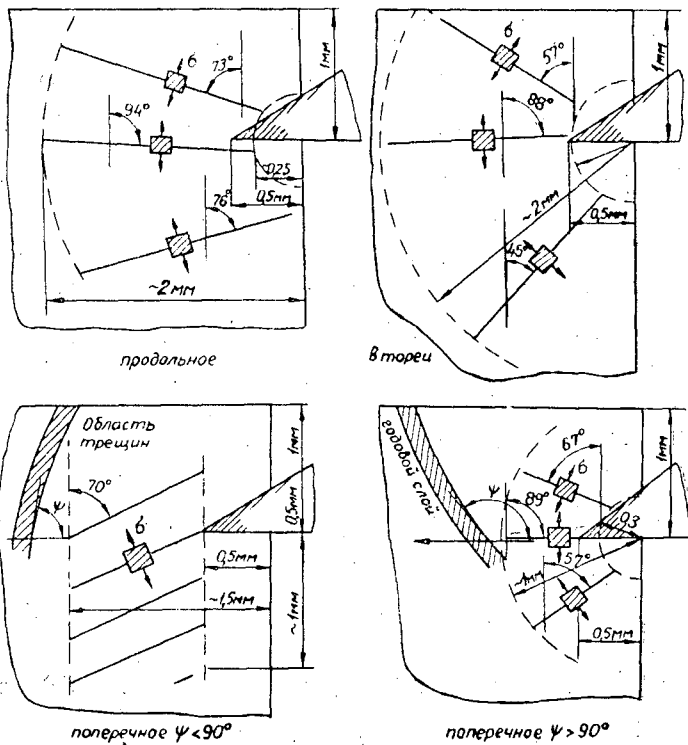


Рис. 1.

на одном, копированием<sup>2</sup> всех на один и тот же лист бумаги. Трещины были разбиты на характерные группы: 1) перед резцом; 2) в стружке; 3) ниже поверхности резания; для каждой из них был определен угол трещины с вертикалью к поверхности резания, параллельной одной из граней образца, на которую и ориентировались.

Статистическая обработка указанных величин позволила построить картины распределения главных растягивающих напряжений для типичных случаев резания, приведенные на рис. 1.

На рисунках область распространения трещин ограничена пунктирными линиями. Размерными линиями указаны приблизительные размеры этих областей. Все рисунки выдержаны в одном масштабе.

Как видно по рисункам, резко отличается от других случаев распределение напряжений при внедрении поперечном с углом встречи  $\psi < 90^\circ$ . Для внедрения поперечного с углом встречи  $\psi > 90^\circ$ , в торец и продольного получились сходные картины, показывающие возникновение напряжений во всей области вокруг внедряемого резца, хотя направление главных напряжений несколько отличается для различных случаев. Это отличие можно считать характеристикой данного типичного приема резания.

В случае поперечного резания с углом встречи более  $90^\circ$  нами было замечено, что первоначально веерообразные расположения трещин при последующем внедрении резца изменяются в будущей стружке не только количественно, но и качественно, а именно, здесь появляется большое количество трещин, располагающихся почти параллельно. Эти трещины увеличиваются, появляются новые по мере движения резца, и если внедрение доведено до отделения стружки, то это отделение происходит

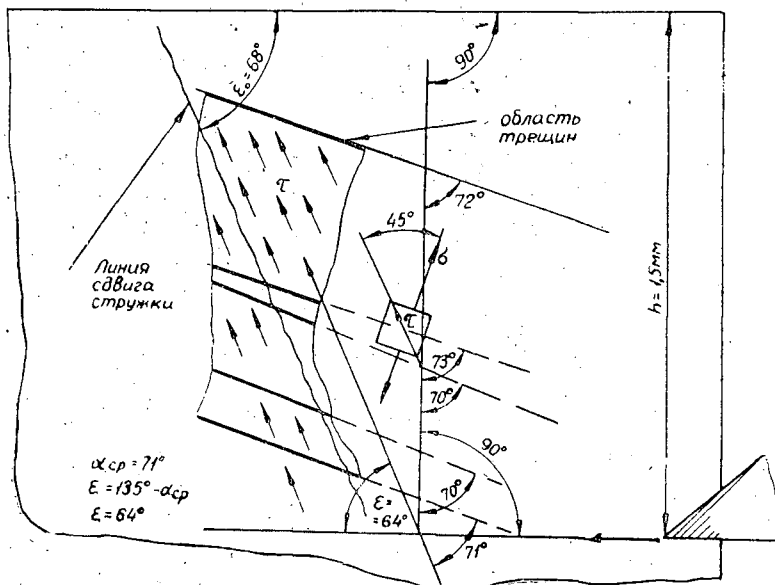


Рис. 2.

путем сдвига по плоскости, лежащей в области вышеуказанных трещин.

На рис. 2 представлена копия одного из рисунков, полученного во время наблюдения за процессом резания до момента начала сдвига стружки. Здесь жирными линиями показаны трещины, тонкими — продолжение до пересечения с вертикалью к грани образца, параллельной плоскости резания. Область трещины обведена тонкими волнистыми линиями. Жирной волнистой линией показано направление замеченного сдвига стружки. Эта линия названа линией сдвига стружки. Угол сдвига стружки  $\epsilon_0$ , показанный там же, оказался в данном случае равным  $68^\circ$ .

Наличие сдвига говорит о действии касательных напряжений.

Из известных по теории сопротивления материалов соотношений можно определить направление плоскости действия наибольших касательных напряжений по найденным направлениям главных напряжений. Это определение и было поставлено в качестве второй задачи.

Для этого нами был проведен расчет угла, определяющего положение плоскости действия наибольших касательных напряжений. В учении о резании, как известно, этот угол носит название угла сдвига стружки. Для его определения мы измеряли на рисунках угол между трещиной и перпендикуляром к грани образца, параллельной плоскости резания. На рис. 2 эти углы, как видно, имеют значения:  $72^\circ$ ,  $73^\circ$ ,  $70^\circ$  и  $71^\circ$ , так что среднее значение его близко к  $71^\circ$ . ( $71^\circ$ , 2); обозначая этот угол  $\alpha$ , из геометрических соотношений, которые легко усмотреть на рис. 2, можно установить следующую расчетную формулу для определения угла сдвига стружки:  $\epsilon = 135^\circ - \alpha$ .

По приведенному рисунку и среднему значению  $\alpha$  нами рассчитан угол  $\epsilon$ , который теоретически определяет направление наибольших касательных напряжений. На рис. 2 под этим углом, который оказался равным  $\epsilon = 64^\circ$ , проведена линия теоретического сдвига и сделана штриховка области трещин с условным изображением возникающих

здесь касательных напряжений. Интересно, что различие между опытным значением угла сдвига  $\epsilon_0 = 68^\circ$  и рассчитанным нами  $\epsilon = 64^\circ$  не так уж велико. Опыты, аналогичные только что описанному, проводили на образцах из различных пород, при резцах с разными углами резания и при разных толщинах стружки.

Картины трещин фиксировали как при внедрении, так и при последующем отделении стружки многократно, то есть в процессе резания при ручной подаче. В этих опытах резание всегда осуществляли только поперечное как типичный случай, при котором в древесине меньше сказывается влияние ее анизотропности. С этой же целью брали образцы рассеяно-сосудистых пород.

Приводимые ниже результаты получены на основании статистической обработки опытных данных.

Для различных пород положение плоскости действия наибольших касательных напряжений различно, но отклонения незначительны. Так, для сосны угол  $\epsilon = 67^\circ$ , для березы  $\epsilon = 65^\circ$ , для липы  $\epsilon = 69^\circ$ , для лиственницы  $\epsilon = 69^\circ$ .

Вероятность различия этих значений для разных пород порядка 0,99 и 0,999.

Толщина стружки, которая менялась в пределах от 0,5 до 1,5 мм, с вероятностью 0,999, не влияет на положение указанной плоскости.

Передний угол  $\gamma$  в резцах меняли от 30 до 60°. Влияния его на положение этой плоскости не обнаружено. Следует заметить, что рассчитанный по формуле Зворыкина угол сдвига для данных передних углов находится в следующих пределах: при  $\gamma = 30$  и  $60^\circ$   $\epsilon$  соответственно равно 60 и  $75^\circ$ .

Мы исследовали также влияние затупления резца на положение рассматриваемой плоскости. Для этого резцы были изготовлены из зубьев рамной пилы, и каждый из них имел определенную характеристику по затуплению. Так, первый имел первую стадию затупления по его микрогеометрии, и радиус затупления его был равен  $\rho_1 = 0,02$  мм, второй — вторую стадию ( $\rho_2 = 0,2$  мм) и третий — третью стадию ( $\rho_3 = 0,3$  мм).

Как известно, у резцов первой и второй стадии затупления кривая затупления характеризуется дугой окружности. А у резца с третьей стадией затупления она представляет собой короткофокусную параболу, ось симметрии которой несколько отклонена от биссектрисы угла заострения.

Исследование проводили при поперечном резании с углом встречи с годичными слоями больше  $90^\circ$  и толщине стружки 1,5; 1; 0,5 мм. Как результат, определялся угол, характеризующий положение плоскости действия наибольших касательных напряжений. Статистическая обработка результатов показала, что влияние затупления сказывается только при больших стружках и только в третьей стадии затупления.

Полученные нами результаты об отсутствии влияния толщины стружки на положение плоскости действия наибольших касательных напряжений соответствуют и формуле Зворыкина и положениям учения С. А. Воскресенского о резании.

Отсутствие влияния на угол сдвига переднего угла несколько странно, но и по формуле Зворыкина это влияние также не велико. Как видно из приведенного расчета при увеличении переднего угла в два раза, угол сдвига возрастает только на 20%. Следует учитывать и то обстоятельство, что мы использовали метод лаковых покрытий, который позволяет фиксировать упругие деформации, начиная с первого момента внедрения резца.

Как говорит наш опыт, места, где появились трещины, вначале остаются наиболее напряженными и далее, ибо в них идет образование новых трещин, причем направление их почти не отличается от первых, их становится только больше. Поэтому можно предполагать, что напряжения, возникающие в древесине при резании, не зависят существенно от геометрии резца, а распределение их в основном определяется микрогеометрией лезвия. Поэтому и оказалось незаметным (до определенного предела) влияние передней грани и затупления резца.

Предлагаемая работа, как нам кажется, заставляет искать новые пути в формировании резца, опираясь на его микрогеометрию и строя процесс резания на определенных условиях концентрации напряжений в месте отделения стружки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. А. Воскресенский. Резание древесины. Гослесбумиздат, М.-Л., 1955.
- [2]. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, М., 1956.
- [3]. С. И. Михайлов, В. Э. Умеров-Маршан. Определение напряжений методом нанесения лаковых покрытий. «Заводская лаборатория» № 7, 1953. [4]. М. Н. Орлов. Методы экспериментального исследования процесса стружкообразования при резании древесины. «Механическая обработка древесины» № 7, 1940. [5]. Г. И. Погодин-Алексеев, Б. А. Артамонов. Выявление деформированного объема методом лаковых покрытий после повторных ударов. «Заводская лаборатория» № 7, 1953.
- [6]. Н. П. Прокофьев. Методика изучения деформаций при помощи лаковых покрытий. «Вестник инженеров и техников» № 7, 1936. [7]. А. И. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории резания металлов. Машгиз, Москва—Свердловск, 1956.

Поступила в редакцию  
8 января 1963 г.

## ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛОТНЕ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЫ МЕТОДОМ ПРОВОЛОЧНОЙ ТЕНЗОМЕТРИИ

**И. И. ТРУБНИКОВ**

Старший преподаватель

(Сибирский технологический институт)

В суммарной величине напряжений, возникающих в полотне ленточной пилы, главной составляющей являются напряжения от изгиба полотна на шкивах ленточнопильного станка. Они имеют максимальное значение на наружной поверхности полотна и могут быть определены по формуле:

$$\sigma = E \cdot \frac{S}{D},$$

где  $E$  — модуль упругости стали;  
 $S$  — толщина полотна пилы;  
 $D$  — диаметр шкива.

При значении  $E = 20000 \div 22000$  кг/мм<sup>2</sup> и общепринятом соотношении  $\frac{S}{D} < 0,001$ , напряжения от изгиба пилы на шкивах составляют 20—22 кг/мм<sup>2</sup> [1].

Задача настоящей работы заключалась в экспериментальном определении величины растягивающих напряжений в поверхностном слое полотна ленточной пилы, вызванных изгибом пилы на шкивах, методом проволоочной тензометрии.

Напряжения определялись на пиле шириной 25 мм, толщиной 0,8 мм, изготовленной из стали У10А и установленной на ленточнопильном станке модели ЛС80-3 с диаметром шкивов 800 мм.

Измерительная цепь (рис. 1) собрана по схеме одинарного моста, работающего в неравновесном режиме [2].

Рабочий проволоочный датчик  $R_1$  с сопротивлением 198,8 ом и базой измерения 20 мм наклеен с помощью клея БФ-2 в продольном направлении на кусок ленточной пилы длиной 300 мм, который после тарировки датчика впаян в ленточную пилу. Нерабочие датчики  $R_3$  и  $R_4$  с сопротивлением 198,8 ом каждый наклеены на пластинку из ленточной пилы и выполняют роль компенсационных датчиков. Четвертым плечом моста  $R_2$  взято переменное сопротивление лабораторного моста ДМЛ-48, служащее для балансировки схемы. В качестве измерителя использован зеркальный гальванометр  $U$  типа М21/1. Питание моста производится от аккумулятора  $E$  напряжением 4в. Тарировка измерительной цепи произведена с помощью универсальной испытательной машины ЗДМ-5. Кусок пилы с наклеенным на него рабочим датчиком

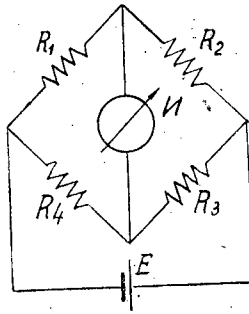


Рис. 1. Схема измерительной цепи.

закрепляли в захватах машины и подвергали растягивающей нагрузке, возрастающей от нуля до 800 кг. Через каждые 20 кг, соответствующие напряжению в  $1 \text{ кг/мм}^2$ , фиксировалось положение «зайчика» на шкале зеркального гальванометра. После достижения максимальной нагрузки производили снятие нагрузки с повторным фиксированием показаний гальванометра. На тарировочном графике (рис. 2) кривая разгрузки

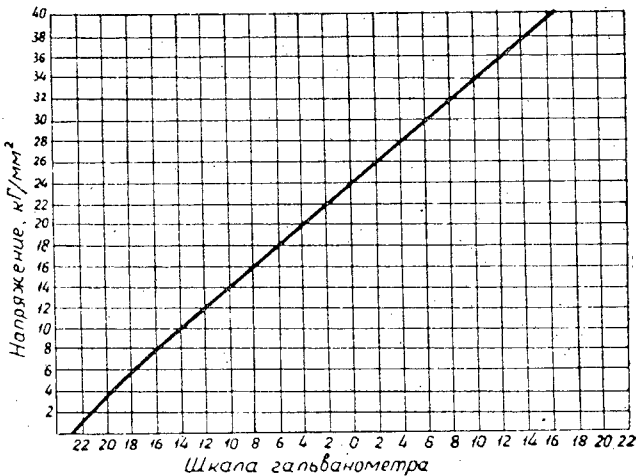


Рис. 2. Тарировочный график.

не показана, так как она полностью совпадает с кривой нагружения. Тарировочная кривая при напряжениях выше  $9 \text{ кг/мм}^2$  имеет прямолинейный характер и позволяет произвести градуировку шкалы гальванометра (одно деление шкалы гальванометра соответствует напряжению в  $1 \text{ кг/мм}^2$ ).

Определение величины напряжений в поверхностном слое полотна ленточной пилы произведено в семи положениях рабочего датчика на шкиве станка (рис. 3).

Перевод датчика из одного положения в другое производили прово- рачиванием шкива рукой с остановками в каждом положении для фиксации показаний гальванометра. При установке на станке ленточная пила получала натяжение, вызывающее напряжение в  $5 \text{ кг/мм}^2$  (5 делений шкалы гальванометра), которое учтено при определении напряжений от изгиба пилы на шкивах.



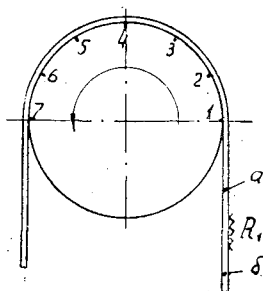


Рис. 3. Схема измерения напряжений в полотне ленточной пилы.

$R_1$  — рабочий датчик;  $a$  и  $b$  — места пайки; 1 — 7 — положения, в которых измерены напряжения.

Напряжения, измеренные для различных положений участка пилы с датчиком на шкиве станка, приведены в табл. 1. (Результаты — среднеарифметические по 5 измерениям).

Таблица 1

Положение датчика (по рис. 3)	Напряжение, $\text{кг/мм}^2$		
	суммарное	от натяжения	от изгиба
1	5—26	5	0—21
2	26,6	5	21,6
3	26,7	5	21,7
4	26,7	5	21,7
5	26,7	5	21,7
6	26,6	5	21,6
7	26—5	5	21—0

В положении 1 напряжение резко возрастало от нуля до  $21 \text{ кг/мм}^2$ , в положении 7 — резко падало от  $21 \text{ кг/мм}^2$  до нуля.

Проведенное исследование показывает, что действительные напряжения, вызванные изгибом ленточной пилы на шкиве, практически соответствуют расчетным.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Гослесбумиздат, М., 1958.  
 [2]. А. М. Турчин. Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, М., 1959.

Поступила в редакцию  
29 января 1963 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ТОЛСТОЙ СТРУЖКОЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫМ РЕЗЦОМ

Э. П. ЛИЦМАН

Старший инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

С каждым годом увеличивается потребление технологической щепы для производства целлюлозы, тарного картона, спирта, древесно-волоконистых плит. Без преувеличения можно сказать, что из всех видов механической переработки древесины первое место (по объему сырья) занимает измельчение.

Этот процесс является весьма энергоемким ввиду того, что весь объем древесины, поступающий в переработку, должен быть превращен в стружку-щепу; поэтому снижение удельного расхода энергии или коэффициента резания даже на 1% дает большую общую экономию энергии. Следует отметить, что процесс измельчения или резания древесины с толстой стружкой изучен очень слабо.

В последующем изложении толстой мы будем считать стружку толщиной от 5 до 25 мм, а тонкой — до 1 мм.

Целью исследования, проведенного автором, являлось определение, в условиях элементарного резания древесины с толстой стружкой, следующих параметров, характеризующих этот процесс: удельного усилия резания  $p$ , удельной работы резания  $K$ , удельного расхода энергии  $E$ , удельного усилия затягивания  $p_3$ , коэффициента затягивания  $K_3$ , коэффициента  $\lambda$  (отношение  $p_3$  к  $p$ ), а также качества щепы (имеется в виду качество среза, длина и толщина щепы).

Для проведения опытов была использована имеющаяся на кафедре механизации лесоразработок установка, сконструированная инж. Г. А. Паустовским (рис. 1, а). Рама установки состоит из двух швеллеров 1, скрепленных с двумя поперечинами 2. К раме прикреплены две вертикальные стойки 3, являющиеся опорами для вертикальной панели 4. В поперечинах рамы закреплены концы двух направляющих 5, по которым движется рабочий стол 6.

Ходовой винт 7 соединен с электродвигателем, через редуктор посредством эластичной муфты, а с рабочим столом 6 — посредством маточной гайки 8. Для автоматической остановки рабочего стола и изменения направления вращения электродвигателя используется рычажная система, которая производит необходимые переключения в зависимости от местоположения рабочего стола.

К столу 6 шарнирно, при помощи четырехзвенника, крепится каретка 10, на которой устанавливается исследуемый образец древесины 11. С другой стороны каретка 10 соединена со столом 6 при помощи сталь-

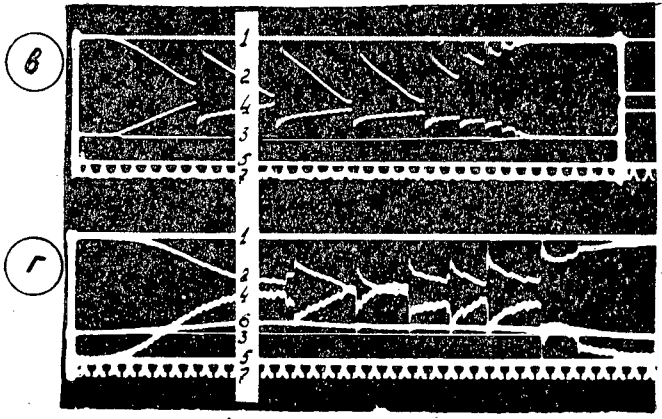
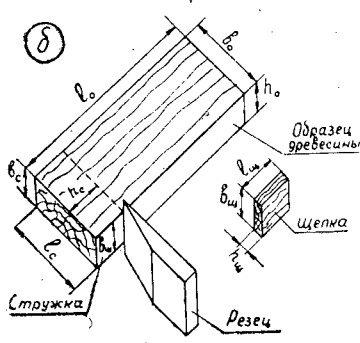
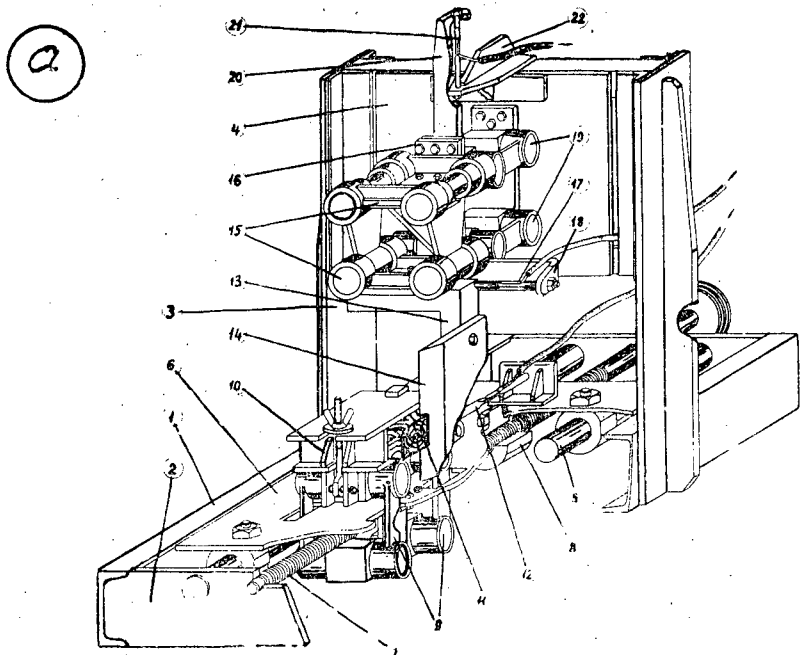


Рис. 1. а — схема экспериментальной установки; б — схема снятия стружки резцом; в — осциллограмма записи усилия резания и затягивания; г — осциллограмма записи усилия резания, затягивания и вертикальной составляющей усилия резания. 1 — нулевая линия усилия резания и отметка времени ( $1/50$  сек); 2 — кривая изменения усилия резания; 3 — нулевая линия усилия затягивания; 4 — кривая изменения усилия затягивания; 5 — нулевая линия вертикальной составляющей усилия резания; 6 — кривая изменения вертикальной составляющей усилия резания; 7 — отметка времени ( $1/10$  сек).

ного стержня 12, параллельного направляющим 5. Благодаря применению четырехзвенника каретка с закрепленным на ней образцом древесины имеет относительно рабочего стола одну степень свободы и, следовательно, стержень 12 воспринимает только горизонтальную составляющую усилия резания.

На вертикальной панели 4 монтируется режущее устройство, состоящее из Г-образной державки 13 с ножом 14. Державка 13 прикреплена шарнирно при помощи четырехзвенника 15 к вертикальной пли-

те 16 и, следовательно, имеет одну степень свободы в горизонтальной плоскости по нормали к направлению движения рабочего стола. Державка 13 соединена также посредством стержня 17 с хвостовиком 18, который жестко прикреплен к плите 16. Стержень 17 расположен перпендикулярно к направлению движения рабочего стола 6 (или, что тоже, к стержню 12) и, таким образом, воспринимает только горизонтальное растягивающее усилие, перпендикулярное усилию резания.

Вертикальная плита 16 соединена с вертикальной панелью 4 с одной стороны шарнирно через четырехзвенник 19, с другой — при помощи стойки 20 и планки 22 через стержень 21. Благодаря такому устройству вертикальный стержень 21 воспринимает только вертикальную составляющую усилия резания.

Для создания предварительного натяжения измерительных стержней используются пружины. Следует отметить, что благодаря применению четырехзвенников имеется возможность выделить только одно, интересующее нас направление действия усилия и его измерять, не искажая действие этого усилия в других направлениях.

Резание на экспериментальной установке осуществляется путем наведения древесины на неподвижный нож. Скорость движения рабочего стола  $v$  равнялась 20,7 мм/сек. Ножи были изготовлены из стали У9А и имели твердость 58 по Роквеллу. Опыты проводили острыми ножами, остроту лезвий проверяли при помощи микроскопа Линника марки МИС-11.

Образцы древесины для опытов выпиливали из периферической части кряжа, и они имели после строжки следующие размеры: толщина  $h_0 = 10$  мм, ширина  $b_0 = 50$  мм, длина  $l_0 = 300$  мм (рис. 1, б). Образцы для исследования влияния угла встречи  $\epsilon$  изготавливали следующим образом: из периферической части кряжа выпиливали доску, которую после строжки распиливали на образцы установленных размеров под различными углами к направлению волокон. Влажность образцов  $W$  составила около 70%.

Все опыты проводили при условии, что каждому опытному результату предшествовал ножевой срез стружки. В том случае, когда рез производился непосредственно после пилы, дается соответствующее указание.

Усилия, возникающие на резце, воспринимались тремя измерительными стержнями в трех взаимно перпендикулярных направлениях. На каждом стержне были наклеены проволочные датчики, соединенные в мост Уитстона. Питание датчиков осуществлялось током частотой 6000 гц. Сигналы от датчиков поступали через трехканальный усилитель на вибраторы осциллографа и фиксировались на пленке (рис. 1, в и 1, г).

Тарировку измерительных стержней производили непосредственно на экспериментальной установке, причем усилия прикладывались к лезвию ножа в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Все стержни имели равномерную тарировочную шкалу, что дало возможность планиметризовать осциллограммы при их обработке. Среднюю величину усилия  $P$  в измерительном стержне определяли по формуле

$$P = m \frac{S}{L} \frac{M_T}{M_n}, \quad (1)$$

где  $m$  — масштаб осциллограммы, кг/мм;

$L$  — длина осциллограммы, мм;

$S$  — площадь осциллограммы, мм<sup>2</sup>;

$M_T$  и  $M_n$  — отклонение луча шлейфа при включении масштабного сопротивления при проведении тарировки и при проведении опыта, мм.

На основании полученных усилий в трех измерительных стержнях, действующих в трех взаимно перпендикулярных направлениях, вычисляли следующие показатели, характеризующие процесс резания древесины.

Удельное усилие резания

$$p = \frac{P_p}{b_c}, \text{ кг/мм}, \quad (2)$$

где  $P_p$  — средняя величина усилия в измерительном стержне 12, по направлению резания;

$b_c$  — ширина стружки или длина контакта лезвия ножа с древесиной.

Коэффициент резания

$$K = \frac{P_p}{b_c h_c}, \text{ кг/мм}^2, \quad (3)$$

где  $h_c$  — толщина стружки (рис. 1, б).

Удельный расход энергии

$$E = 2,72458 \frac{P_p}{b_c h_c}, \text{ квт} \cdot \text{час/пл. м}^3, \quad (4)$$

где 2,72458 — переводной коэффициент.

Удельное усилие затягивания

$$p_3 = \frac{P_3}{b_c}, \text{ кг/мм}, \quad (5)$$

где  $P_3$  — средняя величина усилия в измерительном стержне 17, перпендикулярного направлению резания.

Коэффициент затягивания

$$K_3 = \frac{P_3}{b_c h_c}, \text{ кг/мм}^2. \quad (6)$$

Коэффициент  $\lambda$  (отношение удельного усилия затягивания к удельному усилию резания)

$$\lambda = \frac{p_3}{p}. \quad (7)$$

Вертикальная составляющая удельного усилия резания

$$p_v = \frac{P_v}{b_c}, \text{ кг/мм}, \quad (8)$$

где  $P_v$  — средняя величина усилия в вертикальном стержне 21.

Вертикальная составляющая удельного сопротивления резания

$$K_v = \frac{P_v}{b_c h_c}. \quad (9)$$

Толщина щепы

$$h_{\text{шт}} = \frac{l_c}{n}, \quad (10)$$

где  $n$  — количество сколов стружки длиной  $l_c$  на соответствующей длине участка осциллограммы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние величины углов резания

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $h_c = 20$  мм,  $\varepsilon = 90^\circ$ ,  $W = 70\%$ ,  $b_c = 10$  мм,  $\alpha = 0^\circ$ . Величина угла  $\delta$  изменялась ступенями от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  через  $10^\circ$ . Результаты исследования приведены на рис. 2.

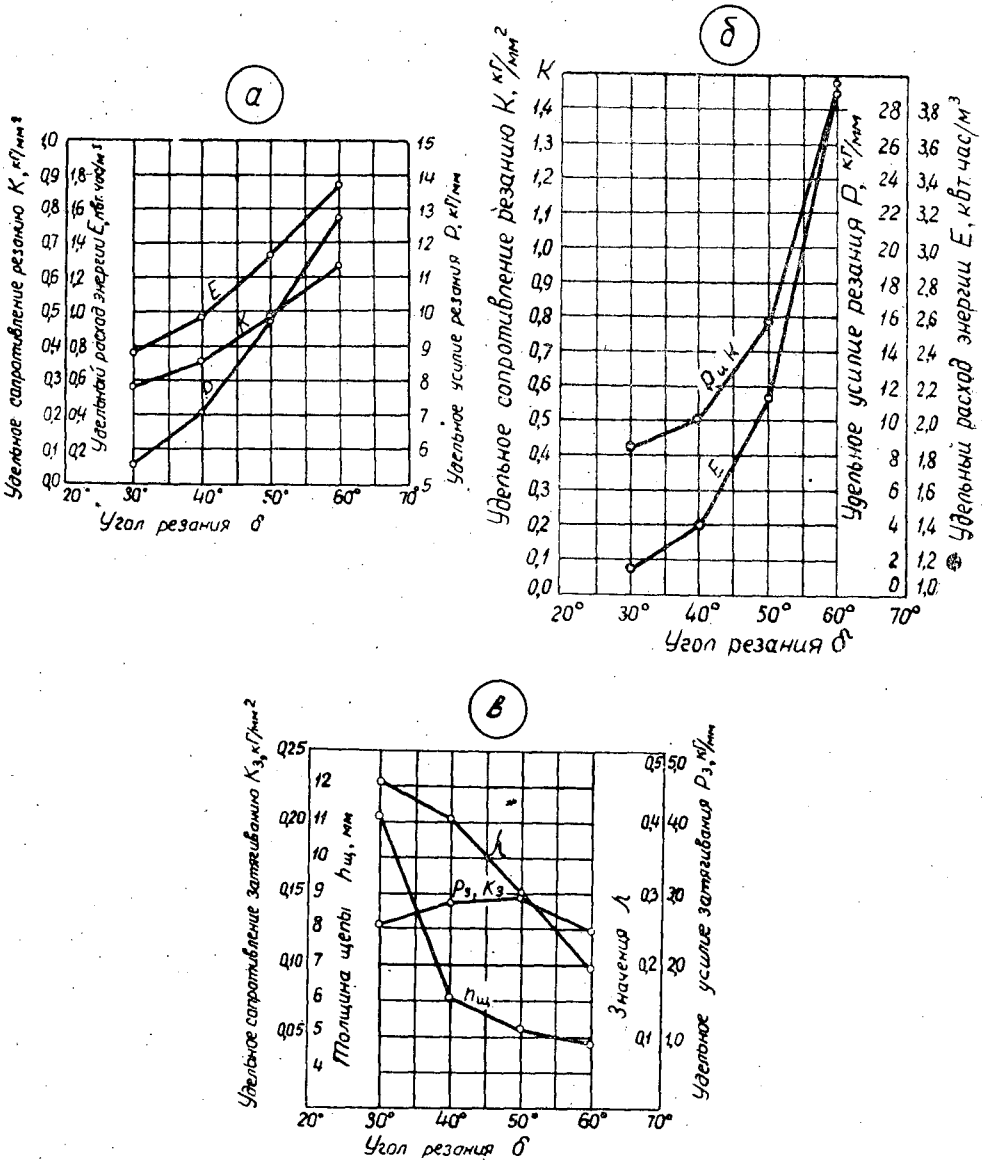


Рис. 2. Графики зависимости от угла резания: а —  $K$ ,  $p$ ,  $E$ ; б —  $K$ ,  $p$ ,  $E$  при первом резе после пилы; в —  $p_z$ ,  $K_z$ ,  $h_{щ}$ ,  $\lambda$ .

Корреляционные уравнения, выражающие зависимости  $K = f(\delta)$ ,  $\lambda = f(\delta)$  и  $E = f(\delta)$ , имеют следующий вид.

$$K = 0,004438X^{1,305}; \tag{11}$$

$$\lambda = 0,0087X^3 - 0,0795X^2 + 0,1278X + 0,399; \quad (12)$$

$$E = 0,012091686X^{1,205}. \quad (13)$$

В формулах (11) и (13) значения  $X$  соответствуют углу резания в градусах, в формулах (12), (14), (15), (16), (17) значения  $X$  обозначают степени исследуемого фактора.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1) Удельное усилие резания  $p$ , коэффициент резания  $K$ , удельный расход энергии  $E$  с увеличением угла резания увеличиваются. Эта зависимость выражается уравнением степенного типа и близка к линейному закону.

2) Удельное усилие затягивания  $p_3$  и коэффициент затягивания  $K_3$  достигают минимума при предельных значениях угла  $\delta$  (30 и 60°), а максимума -- при средних значениях угла  $\delta$  (40—50°).

3) Толщина щепы с увеличением угла резания уменьшается особенно интенсивно при малых углах резания.

4) Коэффициент  $\lambda$  с увеличением угла  $\delta$  уменьшается по параболическому закону.

5) Значение величин  $p$ ,  $K$  и  $E$  примерно в 1,5 раза больше при первом реze ножом непосредственно после пилы, чем при последующих резах, так как внутренние трещины, образующиеся после первого реза, облегчают последующее резание древесины.

6) Значение коэффициента  $K$  при толщине стружки 20 мм примерно в 5 раз меньше значения коэффициента  $K$ , получаемого при толщине стружки 1 мм, при одинаковых прочих условиях.

7) Зависимость  $K$  от  $\delta$  для толщины стружки 1 и 20 мм имеет одинаковый характер.

### Влияние толщины стружки

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $\delta = 40^\circ$ ,  $\epsilon = 90^\circ$ ,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $W = 70\%$ ,  $b_c = 10$  мм. Толщина стружки изменялась от 5 до 25 мм ступенями через 5 мм. Результаты исследования приведены на рис. 3.

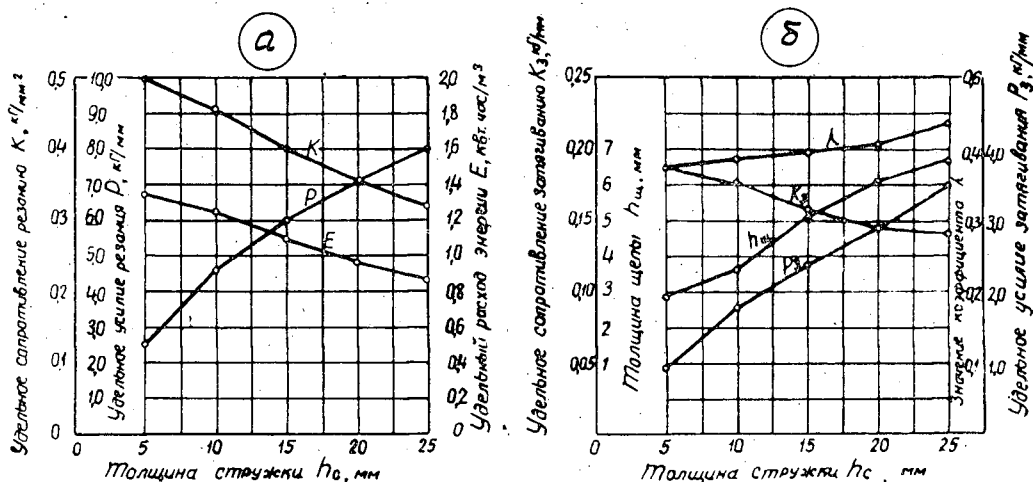


Рис. 3. Графики зависимости от толщины стружки: а —  $K$ ,  $p$ ,  $E$ ; б —  $p_3$ ,  $K_3$ ,  $h_{щ}$ ,  $\lambda$ .

Корреляционные уравнения, выражающие зависимость  $K=f(h_c)$   $\lambda=f(h_c)$ , следующие:

$$K = 0,5438 - 0,0460X; \quad (14)$$

$$\lambda = 0,00175X^3 - 0,012893X^2 + 0,038358X + 0,347599. \quad (15)$$

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1) При резании древесины с толстой стружкой с увеличением толщины стружки коэффициент резания  $K$  и удельный расход энергии  $E$  уменьшаются по линейному закону, а удельное усилие резания увеличивается.

2) Коэффициент  $\lambda$  при увеличении толщины стружки увеличивается по параболической кривой.

3) Толщина щепы  $h_{щ}$  с увеличением толщины стружки увеличивается.

4) Значения коэффициентов резания  $K$  для больших толщин стружки уменьшаются с увеличением ее толщины по линейному закону.

Эта же тенденция наблюдается и для малых толщин стружки, особенно в диапазоне от 0,5 до 1,0 мм, где эта зависимость почти линейна. Следовательно, зависимость  $K$  для больших толщин стружки (от 5 до 25 мм) и для малых (от 0,5 до 1 мм) носит общий характер.

#### Влияние величины угла встречи

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $\delta = 40^\circ$ ;  $h_c = 20$  мм,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $W = 70\%$ ,  $b_c = 10$  мм. Угол встречи  $\epsilon$  изменялся от 0 до  $90^\circ$  ступенями через  $15^\circ$ . Результаты исследования приведены на рис. 4.

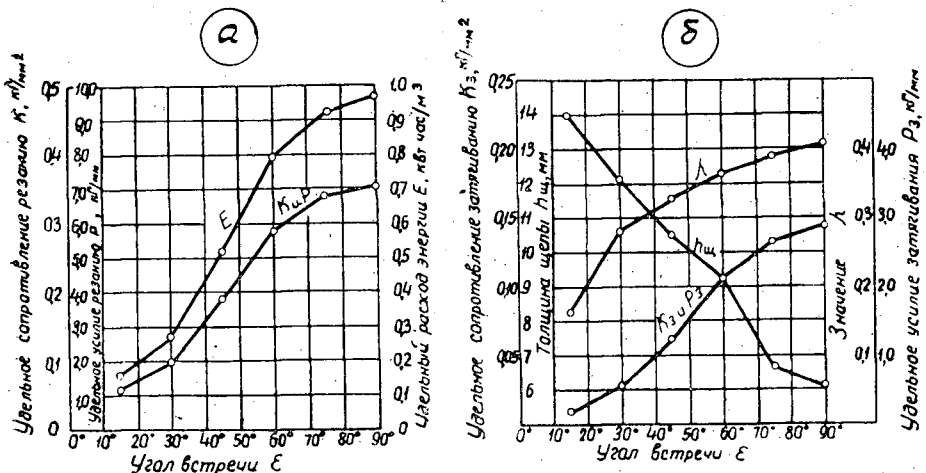


Рис. 4. Графики зависимости от угла встречи: а —  $K$ ,  $P$ ,  $E$ ; б —  $P_z$ ,  $K_z$ ,  $h_{щ}$ ,  $\lambda$ .

Корреляционные уравнения, выражающие зависимость  $K=f(\epsilon)$  и  $\lambda=f(\epsilon)$ , следующие:

$$K = 0,001104X^4 - 0,020986X^3 + 0,126187X^2 - 0,207434X + 0,156497; \quad (16)$$

$$\lambda = 0,002805X^3 - 0,040078X^2 + 0,208808X - 0,007986. \quad (17)$$



Из изложенных материалов можно сделать следующие выводы.

1) При резании древесины с толстой стружкой с увеличением угла встречи  $\epsilon$  (переход к торцовому резанию) удельный расход энергии  $E$ , коэффициент резания  $K$  и удельное усилие резания  $p$  увеличиваются по параболической кривой. Особенно резко это увеличение происходит при изменении угла  $\epsilon$  от 30 до 60°.

2) Коэффициент  $\lambda$  с увеличением угла  $\epsilon$  также увеличивается по параболической кривой.

3) Толщина щепы зависит от угла встречи. При переходе от торцового резания ( $\epsilon = 90^\circ$ ) к продольно-торцовому и продольному толщина щепы увеличивается.

4) Сравнивая величины относительно коэффициента резания  $K_\epsilon$  (за единицу принято значение  $K$  при  $\epsilon = 90^\circ$ ) и его изменения в зависимости от величины угла  $\epsilon$  при резании древесины с тонкой (данные Брюне) и толстой (наши опыты) стружкой, следует отметить их близкое совпадение как по абсолютной величине, так и по характеру кривой.

5) Качество среза щепы зависит от угла встречи  $\epsilon$ : чем меньше угол встречи, тем чище получается срез. Предельный угол встречи, при котором еще обеспечивается чистый срез древесины, составляет 50—55°.

### Влияние величины заднего угла

Исследования проводились при следующих постоянных условиях:  $\delta = 50^\circ$ ,  $h_c = 20$  мм,  $b_c = 10$  мм,  $W = 70\%$ ,  $\epsilon = 90^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  изменялся от 0 до 20° через 10°. Результаты показаны на рис. 5.

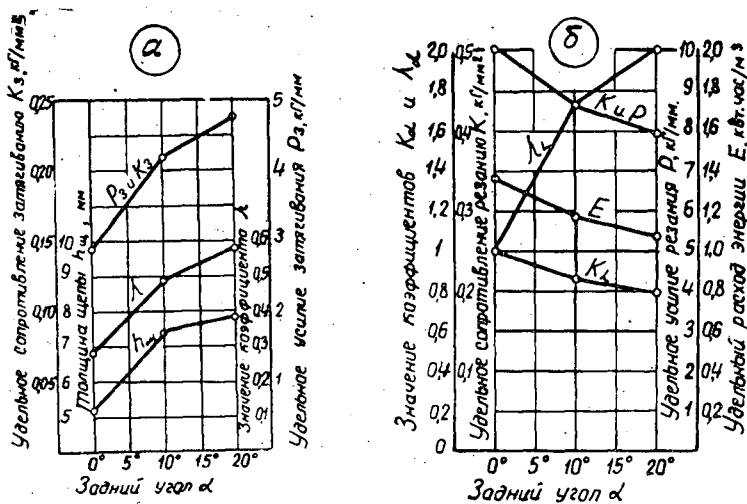


Рис. 5. Графики зависимости от заднего угла: а —  $K$ ,  $p$ ,  $E$ ,  $K_\alpha$ ; б —  $K_z$ ,  $p_z$ ,  $h_{cp}$ ,  $\lambda$ .

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1) Удельное усилие резания  $p$ , коэффициент резания  $K$  и удельный расход энергии  $E$  с увеличением заднего угла  $\alpha$  уменьшаются.

2) Увеличение заднего угла  $\alpha$  сопровождается увеличением удельного усилия затачивания  $p_z$ , коэффициента затачивания  $K_z$  и коэффициента  $\lambda$ .

3) Толщина щепы с увеличением заднего угла увеличивается. Следовательно, отсутствие заднего угла при измельчении древесины оказывает положительное влияние на качество щепы.

4) Значения коэффициента резания  $K$  при  $\delta = 50^\circ$  для задних углов 0, 10 и  $20^\circ$  соответственно равны 0,50; 0,43 и 0,394 кг/мм<sup>2</sup>. Углы заточки резцов соответственно равны 50, 40,  $30^\circ$ . Для этих углов заточки ( $50, 40$  и  $30^\circ$ ) при заднем угле  $\alpha = 0^\circ$  коэффициенты резания  $K$  соответственно равны 0,49; 0,3535 и 0,28 кг/мм<sup>2</sup> (см. график 2).

Значит, уменьшение угла резания  $\delta$  за счет снижения величины заднего угла приводит к снижению коэффициента резания и удельного усилия резания. Следовательно, с точки зрения уменьшения расхода энергии, затраченной на резание древесины с толстой стружкой, целесообразно уменьшать угол резания за счет уменьшения или полной ликвидации заднего угла.

5) Сравнивая влияние величины заднего угла на величину относительного коэффициента резания  $K_\alpha$  (при вычислении  $K_\alpha$  за единицу принято  $K$  для  $\alpha = 0^\circ$ ) при резании древесины с тонкой и толстой стружкой можно сказать, что коэффициент  $K_\alpha$  при резании древесины с тонкой стружкой примерно в два раза больше, чем при резании древесины с толстой стружкой; следовательно, при снятии толстой стружки древесины влияние заднего угла на коэффициент резания сравнительно невелико.

#### Влияние влажности древесины

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $\delta = 40^\circ$ ,  $h_c = 20$  мм,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\epsilon = 90^\circ$ ,  $b_c = 10$  мм. Абсолютная влажность образцов, взятых для опытов, была следующей: 18—21%, 69—70%, 98—103%. Результаты исследования показаны на рис. 6.

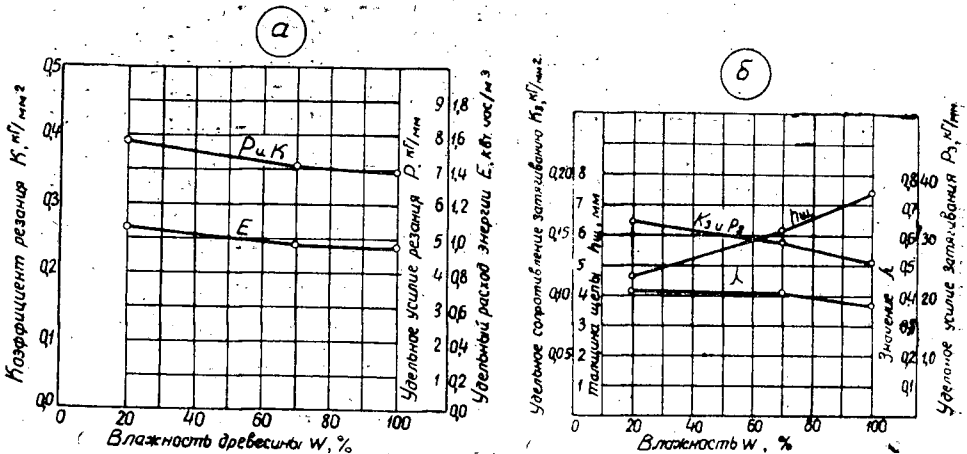


Рис. 6. Графики зависимости от влажности древесины: а —  $K$ ,  $p$ ,  $E$ ; б —  $p_3$ ,  $K_3$ ,  $h_{щ}$ ,  $\lambda$ .

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1) При снятии толстых стружек с увеличением влажности древесины удельное усилие резания  $p$  и затыгивания  $p_3$ , коэффициенты резания  $K$  и затыгивания  $K_3$ , удельный расход энергии  $E$  и коэффициент  $\lambda$  уменьшаются, однако это уменьшение незначительно.

2) Толщина щепы с увеличением влажности древесины увеличивается. При сухой древесине (абсолютная влажность до 25—35%) снимаемая стружка распадается на спички, что ухудшает равномерность щепы и приводит к процентному увеличению мелкой фракции.

3) Качество торца среза щепы с увеличением влажности улучшаетсся, ликвидируются надломы и подгибы щепы.

4) Следует отметить общий характер изменения коэффициента резания от влажности при снятии толстой и тонкой стружки древесины:

*Влияние угла наклона лезвия резца к вектору скорости*

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\delta = 40^\circ$ ,  $h_c = 20$  мм,  $W = 70\%$ ,  $\varepsilon = 90^\circ$ . Угол наклона резца к вектору скорости  $\rho$  изменялся от 90 до 30° степенями через 15°. В этой группе опытов для вычисления в формулах (2), (3), (4), (5), (6), (8) и (9) ширина стружки  $b_c$  не равна толщине образца  $h_0$  (см. рис. 1, б), а равна длине контакта лезвия ножа с древесиной и вычисляется по формуле

$$b_c = h_0 \cos \rho. \tag{18}$$

Результаты исследования приведены на рис. 7.

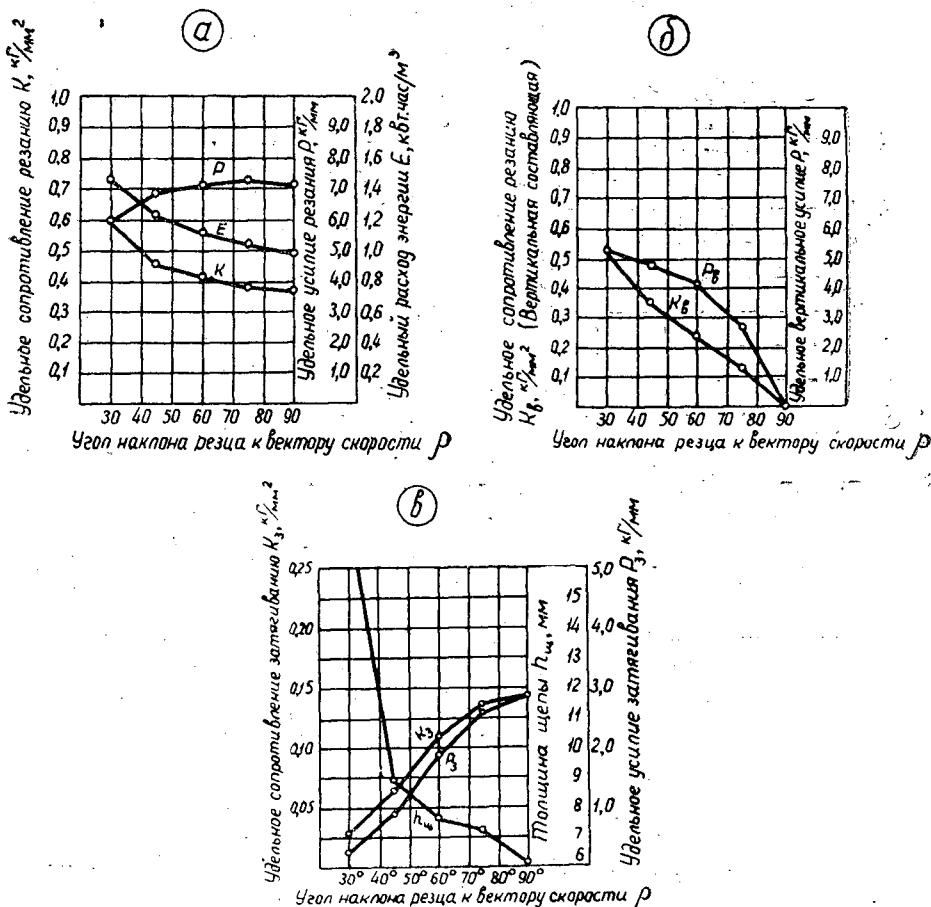


Рис. 7. График зависимости от угла наклона резца к вектору скорости: а —  $K$ ,  $P$ ,  $E$ ; б —  $K_b$ ,  $P_b$ ; в —  $K_з$ ,  $P_з$ ,  $h_{щ}$ .

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1) С уменьшением угла  $\rho$  (угол между лезвием резца и вектором скорости, переход к скользящему резу) удельное усилие резания  $p$  уменьшается, а коэффициент резания  $K$  и удельный расход энергии  $E$  увеличиваются.

2) Удельное усилие затягивания  $p_z$  и коэффициент затягивания  $K_z$  с уменьшением угла  $\rho$  уменьшаются.

3) Удельное вертикальное усилие резания  $p_v$  и удельное сопротивление резания  $K_v$  (вертикальная составляющая) с уменьшением угла  $\rho$  увеличиваются.

4) С уменьшением угла  $\rho$  толщина щелы увеличивается, при угле  $30^\circ$  и менее сколов вообще не происходит.

5) С точки зрения уменьшения затрат энергии и коэффициента резания (горизонтальная составляющая) скользящий рез по сравнению с обычным резом никаких преимуществ не дает.

### Влияние ширины стружки

Исследования проводили при следующих постоянных условиях:  $\delta = 40^\circ$ ,  $h_c = 20$  мм,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $W = 70\%$ ,  $\epsilon = 90^\circ$ . Ширина стружки  $b_c$  изменялась от 5 до 20 мм ступенями через каждые 5 мм. Результаты исследования показаны на рис. 8.

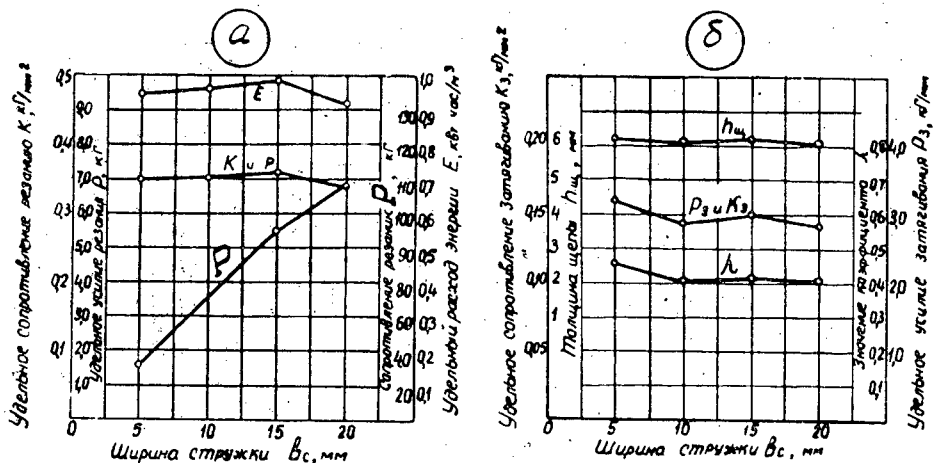


Рис. 8. Графики зависимости от ширины стружки: а —  $P$ ,  $p$ ,  $K$ ,  $E$ ; б —  $K_z$ ,  $p_z$ ,  $h_w$ ,  $\lambda$ .

Приведенные графики позволяют сделать следующие выводы.

1) Ширина снимаемой стружки не оказывает существенного влияния на исследуемые величины  $p$ ,  $K$ ,  $E$ ,  $p_z$ ,  $K_z$ ,  $\lambda$  и  $h_w$ .

2) Усилие резания  $P$  растет прямо пропорционально ширине стружки.

3) Толщина щелы не зависит от ширины снимаемой стружки.

Полученные результаты очевидны, так как, рассматривая элементарные участки по ширине резания, мы не можем указать каких-либо причин, которые бы могли создать различные условия резания на отдельных элементарных участках. Отдельные незначительные отклонения удельного усилия резания и коэффициента резания  $K$  объясняются неоднородным внутренним строением древесины.

### Выводы

Проведенное нами исследование процесса резания древесины с толстой стружкой на экспериментальной установке позволяет дать некоторые рекомендации, касающиеся, например, выбора оптимальных параметров и режимов работы барабанных рубительных машин.

Рекомендации, направленные главным образом на улучшение качества щепы и уменьшение расхода энергии на рубку, при измельчении древесины на барабанных рубительных машинах, следующие.

1. Угол резания должен быть минимальным. Предельная величина угла резания может быть ограничена только стойкостью резца.

2. Угол встречи  $\epsilon$  (угол между вектором скорости и направлением волокон древесины) должен быть возможно меньшим.

Минимальная величина угла встречи  $\epsilon$  выбирается на основании заданного разброса длины щепы по волокну и колеблется около  $30^\circ$ . Максимальная величина угла встречи  $\epsilon$  определяется качеством торца среза щепы и не должна превышать  $50-55^\circ$ .

3. Ширина измельчаемого материала не оказывает влияния ни на качество щепы, ни на расход энергии.

4. Задний угол  $\alpha$  должен быть минимальным или равным нулю.

5. Абсолютная влажность измельчаемой древесины должна составлять  $70 \div 100\%$  и выше, так как при этом уменьшается расход энергии и улучшается качество щепы.

6. Установка ножей на барабане под углом к его образующей является нецелесообразной, так как это вызовет ухудшение качества щепы (из-за увеличения ее толщины и неравномерности) и усложнение конструкции машины; с точки же зрения уменьшения затрат энергии на рубку установка ножей на барабане под углом преимуществ не дает.

Поступила в редакцию  
10 декабря 1962 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ АБИЕТИНОВОЙ КИСЛОТЫ  
В РАЗНЫХ ВИДАХ СМОЛИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

Ф. А. МЕДНИКОВ

Доцент, кандидат технических наук

Е. В. УШКОВА

Младший научный сотрудник

(Ленинградская лесотехническая академия)

В последние годы живичная канифоль нашла широкое применение в производстве бутадиев-стирольного каучука для приготовления полимеризационного эмульгатора. Основным компонентом канифоли (около 70%) является абиетиновая кислота, которая в процессе диспропорционирования или дегидрирования превращается в кислоты дигидроабиетиновую или тетрагидроабиетиновую.

С целью выяснения возможности применения других видов веществ в производстве синтетического каучука, мы определяли содержание смоляных кислот с сопряженными связями в экстракционной и талловой канифоли, абиетиновой смоле и смолистых веществах из хвои сосны и ели. Для сравнительной характеристики исследовалась и живичная канифоль.

Смолистые вещества хвои сосны и ели получали экстрагированием в лабораторном автоклаве хвойной лапки бензином (БР-1, ГОСТ 443-56, с изменениями, внесенными в стандарт в феврале 1962 г.).

После отгонки растворителя смолистые вещества обрабатывали острым паром для удаления летучих. Физическая и химическая характеристика этих смолистых приводится в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателей	Величина показателей в смолистых веществах из хвои	
	сосны	ели
Влажность, %	3,2	5,4
Кислое число	72,6	70,5
Зольность, %	0,03	0,08
Температура размягчения, °С	50	—
Неомыляемые, %	28,5	28,7
Смоляные кислоты, %	54,5	52,6
Жирные кислоты, %	16,9	19,7

Смоляные кислоты по методу Твитчеля [6] отделяли от жирных кислот и нейтральных веществ и в них определяли содержание кислот с двойными сопряженными связями. Как видно из табл. 1, смолистые

вещества, полученные из хвойной латки, отличаются по своим свойствам от живичной канифоли и других видов этого продукта.

Содержание абиетиновой кислоты в вышеуказанных образцах определяли спектрофотометрическим методом. При этом учитывали, что разработанная В. С. Фихтенгольцем [3], [4] методика спектрофотометрического анализа дает заниженный результат, если анализировать непосредственно исходную канифоль. Это объясняется тем, что для абиетиновой и неоабиетиновой смоляных кислот максимальное значение удельного коэффициента поглощения 74,4 соответствует длине волн 241 мкм, а для полюстровой и левопимаровой кислот эти значения несколько ниже. Поэтому все образцы смолистых веществ анализировали по методике ВНИИнефтехима, которая основана на том же методе определения оптической плотности в ультрафиолетовом спектре при длине волны 241 мкм, только предварительно левопимаровая и полюстровая кислоты изомеризуются действием на них минеральных кислот в абиетиновую [1], [2], [5]. Эта предварительная операция проводится следующим образом. Точную навеску образца (0,1050—0,0950 г) растворяют в 5 мл этилового спирта, добавляют 20 мл полунормального спиртового раствора HCl, колбу соединяют с обратным холодильником и кипятят на водяной бане в течение 1 часа в токе CO<sub>2</sub>. После охлаждения раствор смоляных кислот количественно переносится в мерную колбу на 50 мл и доводится до этого объема спиртом. Для приготовления рабочего раствора разбавляют этот исходный раствор в 200 раз (первое разбавление в соотношении 1 : 19, второе — 1 : 9). Параллельно ставят холостой опыт.

После этого на спектрофотометре СФ-4 определяют оптическую плотность рабочего раствора. Кювету сравнения заполняют раствором холостого опыта. Концентрацию абиетиновой кислоты в растворе определяют по следующей формуле:

$$C_{\text{раст}} = \frac{D_{241}}{k \cdot d},$$

где  $D_{241}$  — оптическая плотность;

$k$  — удельный коэффициент поглощения;

$d$  — толщина фотометрируемого слоя, мм.

Учитывая произведенное разбавление, содержание абиетиновой кислоты (%) в исследуемых образцах канифоли определяют по формуле

$$C, \% = \frac{27,0 D_{241}}{a},$$

где  $a$  — навеска канифоли, г.

Из каждого образца канифоли анализировали по две пробы. Результаты анализов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование образца	Навеска, г		Оптическая плотность (по шкале) СФ-4		Содержание абиетиновой кислоты, %		
	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	ср
Живичная канифоль (Тихвинский лесохимзавод)	0,0940	0,0860	0,215	0,215	71,3	66,7	69,00
Экстракционная канифоль (Нейво-Рудянский лесохимкомбинат)	0,1210	0,1358	0,251	0,298	55,5	58,6	57,05

Продолжение табл. 2

Наименование образца	Навеска, г		Оптическая плотность (по шкале) СФ-4		Содержание абиетиновой кислоты, %		
	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	проба № 1	проба № 2	среднее
Экстракционная канифоль из свежего осмола (Ново-Белицкий лесохимкомбинат) . . . . .	0,0917	0,1044	0,136	0,164	39,6	42,1	40,85
Талловая канифоль (Сегежский ЦБК) . . . . .	0,1200	0,1194	0,149	0,141	33,2	31,7	33,95
Абиетиновая смола (Тихвинский лесохимзавод) . . . . .	0,0965	0,0877	0,113	0,094	31,3	28,6	29,95
Смоляные кислоты из хвои ели (ЛТА им. С. М. Кирова) . . . . .	0,0977	0,1202	0,083	0,105	22,6	23,3	22,95
Смоляные кислоты из хвои сосны (то же) . . . . .	0,1346	0,0944	0,180	0,115	35,7	32,5	34,1

Примечание. Смоляные кислоты из хвои ели и сосны исследовали после отделения жирных кислот.

Как видно, в живичной канифоли содержание абиетиновой кислоты оказалось максимальным. Экстракционная канифоль из свежего осмола и талловая канифоль содержат абиетиновой кислоты значительно меньше, чем в обычной экстракционной канифоли из спелого осмола. Наблюдается существенная разница в содержании этого компонента в смолистых веществах, получаемых из хвойной лапки сосны и ели.

Все исследованные образцы канифолей могут представлять промышленный интерес для приготовления из них, после модифицирования, полимеризационного эмульгатора СК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. И. И. Бардышев, А. Г. Соколов, А. Т. Ткаченко. ЖПХ, 32, 2560, 1959. [2]. Н. Ф. Комшилов. Состав канифоли и строение смоляных кислот сосны и ели. Изд-во АН СССР, М., 1955. [3]. В. С. Фихтенгольц, Р. В. Золоторева. Вестник технической и экономической информации (Госкомитет СМ ССР по химии) № 4, 17, 1961. [4]. В. С. Фихтенгольц. Заводская лаборатория 27, № 4, 406, 1961. [5]. V. Loeblich, D. Baldwin, H. Lawrence. Journ. Amer. chem. Soc, 77, 2824, 1955. [6]. Tuttlell, Journ. Soc. Chem. Ind, 189, 110, 804.



## МЕХАНОХИМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ В ПРИСУТСТВИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Сообщение 3

К ВОПРОСУ О МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОМ УДЕЛЬНОМ РАСХОДЕ  
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

**Н. В. ЧАЛОВ**

Кандидат технических наук

**Е. Ф. ГОРЯЧИХ**

Ассистент

(Государственный научно-исследовательский институт гидролизной,  
и сульфитно-спиртовой промышленности)

В предыдущих сообщениях [7]; [8] нами было установлено, что применение нового принципа равномерного распределения серной кислоты в растительной ткани путем пропитки ее разбавленным водным раствором и последующим концентрированием кислоты на поверхности клеточных стенок сушкой влажного материала позволяет значительно снизить удельный расход серной кислоты и одновременно ускорить процесс механохимической деструкции полисахаридов целлолигнина.

Было показано, что при определенных условиях удельный расход серной кислоты, считая по моногидрату, можно снизить до 0,05 модуля, или иначе говоря, до 50 кг на 1 т абс. сухой растительной ткани [7]. Кроме того, было установлено, что наибольшая скорость механохимической деструкции полисахаридов достигается тогда, когда концентрация серной кислоты, содержащейся в растительной ткани, достигает 80% [8].

Дальнейшее рассмотрение и обсуждение этих данных дало основание полагать, что удельный расход серной кислоты может быть снижен до 0,02 модуля, если еще более повысить концентрацию серной кислоты. Одновременно с этим оказалось возможным приближенно определить зависимость между количеством серной кислоты и ее концентрацией и скоростью механохимической деструкции. Согласно приближенной зависимости скорость механохимической деструкции полисахаридов примерно одинакова при расходных модулях по серной кислоте 0,06; 0,04 и 0,02, если концентрация кислоты соответственно будет — 82—83%; 85—86% и 91—92%. С целью проверки этого предварительного вывода были поставлены экспериментальные исследования.

Второй причиной, побудившей нас провести исследования для установления возможности дальнейшего снижения удельного расхода серной кислоты при механохимической деструкции полисахаридов, было

стремление использовать целлолигнин, получаемый как отход при производстве фурфурола прямым методом. В данном случае удельный расход серной кислоты составляет 3% от растительного сырья. Учитывая расход серной кислоты на нейтрализацию зольных элементов, можно считать, что содержание свободной кислоты в целлолигнине будет 2% от сухого вещества, или 0,02 модуля. В случае возможности осуществления механохимической деструкции полисахаридов при таком расходе модуля серной кислоты, целлолигнин фурфурольного производства может явиться исходным сырьем, причем не потребуются дополнительной затраты кислоты. Это имеет перспективное значение в определении рационального пути использования целлолигнина фурфурольного производства.

Полученные нами результаты представлены в настоящей статье.

**Методика исследования.** Для исследования применяли целлолигнин древесины сосны. Целлолигнин получали из опилок предгидролизом 4%-ной серной кислотой при атмосферном давлении (98—100°) в течение трех часов с жидкостным модулем шесть. Целлолигнин тщательно отмывали и высушивали на воздухе до лабораторной влажности. Согласно анализу, содержание полисахаридов, в пересчете на сахара, составило 60,1% от абс. сухого целлолигнина. Целлолигнин смачивали 2,5 модулями разбавленной серной кислоты, концентрацию которой подбирали так, чтобы количество кислоты по отношению к целлолигнину было 0,02; 0,04 и 0,06 модуля. После суточной выдержки при комнатной температуре для того, чтобы целлолигнин полностью пропитался кислотой, влажный материал подвергали сушке в термостате при 105°С. Сушку производили при постоянном контроле веса высушиваемого материала для определения количества влаги, оставшейся в материале. По этим данным вычисляли концентрацию серной кислоты в целлолигнине.

В связи с тем, что кислоты в целлолигнине содержится весьма мало, были приняты меры к обеспечению необходимой точности при взвешивании. Однако следует учитывать, что ошибка при взвешивании даже меньше 0,1% от веса материала дает расхождение в определении концентрации серной кислоты в целлолигнине в несколько процентов. Поэтому отмечаем, что приводимые далее данные о концентрации кислоты в целлолигнине могут иметь погрешность  $\pm 2\%$ .

Размол производили на лабораторной вибромельнице [7], [8]. Процесс механохимической деструкции оценивали по содержанию легко- и трудногидролизуемых полисахаридов [7].

**Экспериментальные данные и их обсуждение.** Полученные нами данные представлены в табл. 1. Как видим, баланс полисахаридов хорошо

Таблица 1

Время раз- мола, мин.	Содержание легкогидролизуемой (лг), трудногидролизуемой (тг) фракций (% от полисахаридов) и насыпной вес (нв) размолотого продукта (кг/л) при											
	концентрации $H_2SO_4$ — 92%, модуль — 0,02				концентрации $H_2SO_4$ — 86%, модуль — 0,04				концентрации $H_2SO_4$ — 83%, модуль — 0,06			
	лг	тг	лг+тг	нв	лг	тг	лг+лг	нв	лг	тг	лг+тг	нв
0	6,0	94,0	100,0	0,162	6,9	93,1	100,0	0,173	8,6	91,4	100,0	0,183
10	42,0	58,0	100,8	0,538	53,1	46,3	99,4	0,557	65,2	36,1	101,3	0,720
20	72,4	29,1	101,5	0,658	67,1	33,9	101,0	0,736	80,6	17,9	98,5	0,730
30	85,7	13,0	98,7	0,656	89,1	10,9	100,0	0,732	87,4	4,4	91,8	0,730
40	96,7	2,3	99,0	0,666	98,1	1,7	99,8	0,752	91,9	1,2	93,1	0,740
50	100,2	1,8	102,0	0,676	98,7	1,4	100,1	0,752	91,9	0,7	92,6	0,740

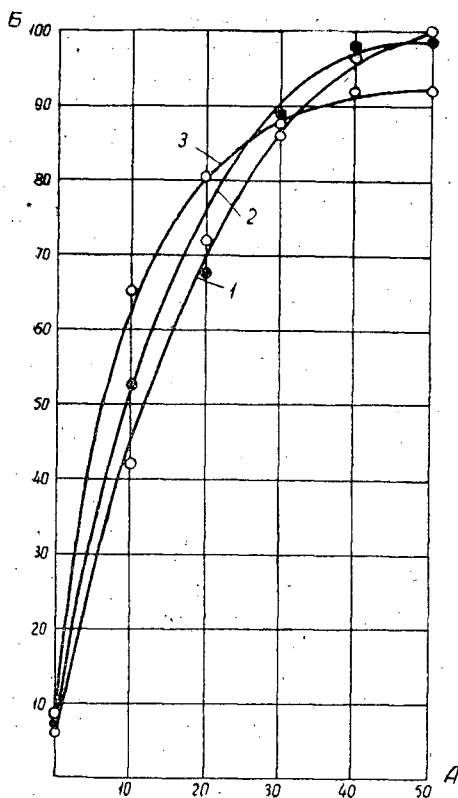


Рис. 1. Кинетика механохимической деструкции полисахаридов целлолигнина в присутствии серной кислоты.  
 А — время размола, мин; Б — содержание легкогидролизуемой фракции, % от полисахаридов;  
 1 — концентрация  $H_2SO_4$  — 92%, модуль по моногидрату 0,02; 2 — конц.  $H_2SO_4$  — 86%, модуль — 0,04; 3 — конц.  $H_2SO_4$  — 83%, модуль — 0,05.

сходится, отклонения не превышают обычных погрешностей анализа. В развитие табл. 1 на рис. 1 приведены кинетические показатели механохимической деструкции по выходу легкогидролизуемой фракции.

Прежде всего необходимо отметить, что хотя механохимическая деструкция полисахаридов целлолигнина, при различном расходном модуле серной кислоты и различной концентрации ее в целлолигнине, имеет несколько различные скорости, однако различие их невелико. Это показывает, что имеющиеся данные позволяют приблизительно определять скорость механохимической деструкции полисахаридов в зависимости от удельного расхода серной кислоты и ее концентрации. Различие в скорости деструкции наблюдается в основном в первый период процесса и практически исчезает после 30 мин размола на вибротельнице.

Если ориентироваться по показателям выхода легкогидролизуемой фракции через 30 мин размола, то есть условий, на которые рассчитывался процесс, то степень совпадения результатов приближенного расчета с экспериментальными данными следует считать вполне удовлетворительной. Полученные данные указывают на полную целесообразность проведения специальных исследований для выявления влияния на процесс механохимической деструкции различного количества серной кислоты и ее концентрации.

Различие в скорости механохимической деструкции через 10 и 20 мин размола можно объяснить следующим образом: чем больше серной кислоты в растительной ткани, тем большая степень деструкции полисахаридов достигается в процессе сушки материала в присутствии серной кислоты. Это положение подтверждается данными по содержанию легкогидролизуемой фракции в целлолигнине, содержащем разное количество серной кислоты перед размолем (табл. 1). Иначе говоря, несовпадение скорости механохимической деструкции на начальных стадиях размола является следствием некоторого различия исходного материала, что в свою очередь зависит от того, при каком количестве серной кислоты производили сушку целлолигнина.

Весьма интересными являются экспериментальные данные, указывающие на полную возможность механохимической деструкции полисахаридов в присутствии 92%-ной серной кислоты в количестве всего 0,02 модуля, то есть 2% от абс. сухого целлолигнина. При этом в течение 50 мин размола трудногидролизуемые полисахариды целлолигнина практически полностью переходят в легкогидролизуемое состояние.

При концентрации серной кислоты 86% и расходном модуле 0,04 механохимическая деструкция полисахаридов идет лишь несколько быстрее. В этом случае так же, как и при модуле 0,02, механохимическая деструкция полисахаридов идет практически количественно, разложение продуктов деструкции не отмечается. Иное положение имеет место при концентрации кислоты 83% и расходном модуле 0,06. Здесь наблюдается дальнейшее небольшое ускорение деструкции, но одновременно и частичное разложение полисахаридов. Такое явление нами было отмечено и ранее [8], при 80%-ной концентрации серной кислоты.

В ранее выполненных нами исследованиях [7] при механохимической деструкции в присутствии 0,03 модуля серной кислоты (считая по моногидрату), с концентрацией 65%, максимальный выход легкогидролизуемой фракции при 40-минутном размоле составил 79% от полисахаридов, причем увеличение времени размола до 60 мин почти не оказывало влияния на этот выход. Из приведенных в этом сообщении данных следует, что путем повышения концентрации серной кислоты, даже при одновременном снижении удельного расхода кислоты до 0,02 модуля можно обеспечить перевод всех полисахаридов в легкогидролизуемое состояние. Это означает, что целлолигнин фурурольного производства, содержащий сравнительно небольшое количество свободной серной кислоты, может быть с успехом использован для механохимической деструкции полисахаридов с последующим получением раствора сахаров для производства дрожжей. В этом случае механохимическая деструкция будет иметь, по-видимому, еще большую скорость, поскольку целлолигнин подвергался в присутствии кислоты воздействию повышенной температуры — около 170°С, и полисахариды значительно деструктированы. Кроме того, при последующей сушке целлолигнина в присутствии серной кислоты произойдет дополнительная деструкция полисахаридов. Следует полагать, что снижение удельного расхода серной кислоты позволит поднять температуру размола, причем в этом случае не будет происходить разрушения полисахаридов. Об этом свидетельствует тот факт, что при расходном модуле кислоты 0,02 выход легкогидролизуемой фракции — количественный, в то время как при модуле 0,06 после 30 мин размола отмечается разложение продуктов деструкции. Должно быть в последнем случае оказывало влияние повышение температуры материала в процессе размола до 65—70°С.

Возможность повышения температуры размола имеет большое практическое значение. Дело в том, что при использовании аппаратов

промышленного типа (обычная шаровая мельница, вибромельница и др.) основная масса энергии от ударов и трения выделяется в виде тепла. В связи с этим температура мелющих тел, а следовательно и размалываемого материала, может повышаться до 120—160°С. Поэтому приходится принимать специальные меры для охлаждения, иначе происходит значительное разрушение полисахаридов. Вероятно при малом расходе серной кислоты надобность в отводе тепла отпадет.

Известно, что механохимическая деструкция полимеров идет по закону случая и, как следствие этого, подчиняется уравнению мономолекулярной реакции [1], [3]. Если применительно к нашим условиям это положение справедливо, то на полулогарифмической сетке полученные нами экспериментальные данные должны расположиться на прямых линиях. Как видим на рис. 2, экспериментальные данные вполне удовлетворительно располагаются на прямых линиях; это свидетельствует о

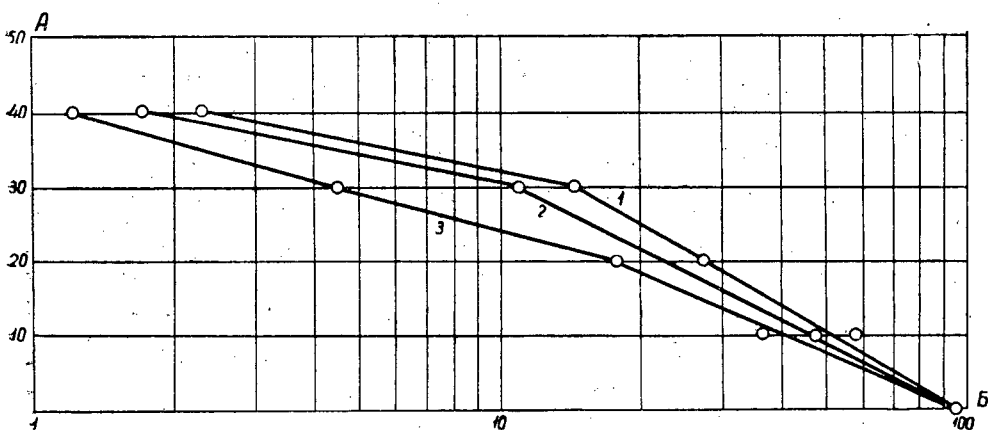


Рис. 2. Зависимость между содержанием трудногидролизуемой фракции и временем механохимической деструкции.

А — время размала на вибромельнице, мин; Б — содержание трудногидролизуемой фракции, % от полисахаридов целлюлозы (в логарифмической шкале); 1 — концентрация  $H_2SO_4$  — 92%, мод. — 0,02; 2 — конц.  $H_2SO_4$  — 86%, мод. 0,04; 3 — конц.  $H_2SO_4$  — 83%, мод. — 0,06.

том, что процесс механохимической деструкции подчиняется мономолекулярной реакции до тех пор, пока количество полисахаридов, переведенных в легкогидролизуемое состояние, не превысит 82—90%. После этого отмечается отклонение от уравнения мономолекулярной реакции, причем константа скорости реакции увеличивается. Это происходит, по видимому, вследствие того, что оставшаяся часть полисахаридов, которая при применявшейся нами методике анализа определяется как трудногидролизуемая фракция, на самом деле представляет собой продукт с резко измененными свойствами, поэтому дальнейшая деструкция его идет с большой скоростью.

Данные о скорости механохимической деструкции полисахаридов, приведенные на диаграмме (рис. 2), в свою очередь подтверждают, что увеличение удельного расхода серной кислоты мало влияет на скорость деструкции. Однако из них ясна тенденция к увеличению скорости деструкции с повышением расходного модуля серной кислоты.

То обстоятельство, что изученный нами процесс подчиняется уравнению мономолекулярной реакции, показывает, что его основой является механическая деструкция. Кислота, присутствующая в материале, активизирует процесс, ослабляя энергию глюкозидной связи.

С целью получения первичной характеристики продуктов механохимической деструкции полисахаридов размолотый целлолигнин в присутствии 0,06 модуля серной кислоты (считая по моногидрату) концентрацией 83% в течение 10 и 20 мин был подвергнут обработке десятью частями воды комнатной температуры. После трехчасового настаивания водная вытяжка была отфильтрована от остатка. В водной вытяжке были определены редуцирующие вещества в пересчете на глюкозу до и после инверсии с 4%-ной серной кислотой при 100°С в течение трех часов. В водной вытяжке целлолигина, размолотого в течение 10 мин, содержание редуцирующих веществ, в пересчете на глюкозу, оказалось равным 11,9% от полисахаридов целлолигина, после инверсии — 47,06%. Отсюда следует, что 72% легкогидролизуемой фракции представляют собой воднорастворимые вещества со средней степенью полимеризации — 3,95. Аналогичные анализы с образцом, подвергнутым 20-минутному размолу, дали 18,97 и 73,46%. В этом случае в водную вытяжку перешел 91% легкогидролизуемой фракции, средняя степень полимеризации воднорастворимых продуктов — 3,87.

Согласно полученным данным, основными продуктами механохимической деструкции полисахаридов являются олигосахариды. Однако, учитывая возможность присутствия в продуктах деструкции моноз, следует полагать, что в воднорастворимой части содержатся и целлюлозодекстрины, которые, как известно [9], хорошо растворимы в холодной воде.

Особенностью процесса концентрирования серной кислоты на поверхности клеточных стенок является придание растительной ткани хрупкого состояния. Согласно теоретическим воззрениям [1], в данном случае механохимическая деструкция связана с измельчением. В литературе имеются сообщения о работах по измельчению сухого целлолигина, при которых фракционный состав после размолы определялся рассевом на ситах [2]. Однако такой метод оценки степени измельчения применительно к растительным материалам не дает правильных результатов вследствие агломерации частиц; микроскопические определения показывают, что размер частиц в 100—150 раз меньше [6]. В связи с этим нами была сделана попытка оценить степень измельчения по насыпному весу. Полученные данные приведены в табл. 1 и на рис. 3.

Как видим, при размолу целлолигина уже в первые минуты размолы происходит резкое изменение насыпного веса, что связано с резким нарушением структуры растительной ткани. Уже через 10—20 мин размолы насыпной вес увеличивается до 0,65—0,73 кг/л и затем при дальнейшем измельчении остается почти постоянным. Таким образом, четкой зависимости между насыпным весом и степенью деструкции полисахаридов обнаружить не удалось.

Однако полученные данные о насыпном весе размолотого продукта весьма полезны. Как известно [4], оптимальная производительность вибротельности достигается в том случае, когда размалываемый продукт полностью заполняет пространство между мелющими телами. В связи с резким изменением насыпного веса в процессе размолы можно увеличить удельную загрузку вибротельности. Одновременно резкое увеличение насыпного веса позволяет осуществить гидролиз легкогидролизуемой фракции с малым жидкостным модулем, равным 1,5—2,5, и благодаря этому получать растворы с высокой концентрацией сахаров.

В заключение следует отметить, что полученные нами результаты характеризуют процесс, состоящий из двух стадий: а) подготовки растительного материала, в процессе которой ему придается хрупкие свойства, ослабляется связь полисахаридов с лигнином, целлюлоза под-

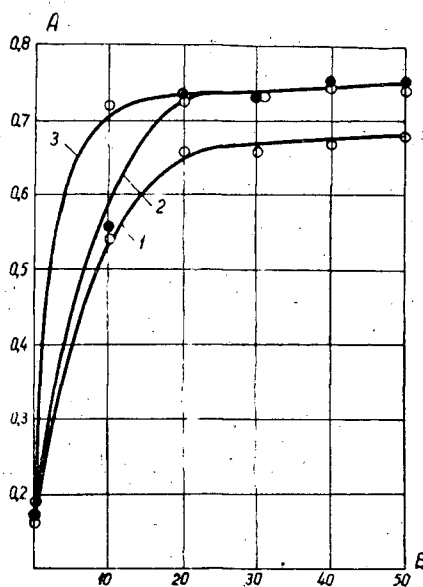


Рис. 3. Изменение насыпного веса (нв) целлюлозы в процессе помола на лабораторной вибромельнице.

А — насыпной вес, кг/л; Б — время размола, мин;  
 1 — размол в присутствии 92% серной кислоты, модуль — 0,02;  
 2 — 86% кислоты, модуль — 0,04; 3 — 83% кислоты, модуль — 0,06.

вергается частичной деструкции, обеспечивается равномерное распределение серной кислоты в материале; б) собственно механохимической деструкции, в процессе которой разрывается глюкозидная связь в молекуле целлюлозы и получают продукты деструкции типа олигосахаридов со средней степенью полимеризации, равной 4.

Однако нами еще не исследована третья стадия последующей обработки размолотого материала. Из литературы известно, что при гидролизе полисахаридов растительных материалов с сравнительно большим удельным расходом серной кислоты, равным 0,3 модуля (что в 5—15 раз больше, чем в наших исследованиях), последующий нагрев материала, подвергнутого механическому воздействию, в течение одного часа при 80° С, обуславливает значительное увеличение выхода легкогидролизуемых продуктов [5]. Благодаря этому представляется возможным сократить время механического воздействия. Такой процесс известен под названием «термовыдержки». Согласно теоретическим воззрениям, в процессе «термовыдержки» имеет место распад двойного соединения полисахаридов с серной кислотой [5].

Но также известно, что нагрев размолотой растительной ткани при полном отсутствии кислоты обуславливает значительное увеличение выхода легкогидролизуемой фракции [10].

Эти данные показывают, что нагрев размолотой растительной ткани стабилизирует продукты механохимической деструкции и препятствует их рекристаллизации.

Приведенные выше данные показывают, что, применительно к условиям осуществления процесса в нашем случае, нагрев размолотого материала обусловит увеличение выхода легкогидролизуемой фракции. Благодаря этому время механохимической деструкции может быть со-

крашено и, следовательно, удельный расход электроэнергии может быть значительно уменьшен. Этот вопрос требует специального исследования.

### Выводы

1. Установлено, что механохимическая деструкция полисахаридов целлолигнина может быть успешно осуществляться в присутствии 0,02—0,06 модуля серной кислоты, сконцентрированной на поверхности клеточных стенок до 92—83%. При этом процесс механохимической деструкции основной части полисахаридов (83—93%) удовлетворительно подчиняется уравнению мономолекулярной реакции. В конце процесса отмечено увеличение константы скорости деструкции.

2. Полная возможность осуществления механохимической деструкции полисахаридов целлолигнина при расходном модуле серной кислоты, равном 0,02, показывает, что целлолигнин фульфурольного производства может быть переработан без дополнительной затраты серной кислоты.

3. Выявлено, что основными продуктами механохимической деструкции полисахаридов являются воднорастворимые олигосахариды со средней степенью полимеризации 4.

4. Показано, что при механохимической деструкции насыпной вес целлолигнина резко возрастает и через 20 мин размола достигает 0,66—0,75 кг/л. Это позволяет значительно увеличить загрузку вибромельницы и тем сократить удельный расход электроэнергии на размол.

5. Высказано предположение о том, что при малом удельном расходе серной кислоты можно повысить температуру размола. Тогда при применении промышленных аппаратов (вибромельница, шаровая мельница и т. д.) может отпасть необходимость принятия специальных мер для их охлаждения.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. К. Барамбойм. Механохимия полимеров. Ростехиздат, М.-Л., 1961.  
[2]. И. И. Бейнарт, П. Н. Одинцов. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 2, 9, 1962. [3]. Н. Грасси. Химия процессов деструкции полимеров. Изд-во иностранной литературы, М., 1959. [4]. М. Л. Моргулис. Вибрационное измельчение материалов. Промиздат, М., 1957. [5]. П. Н. Одинцов, И. И. Бейнарт, Н. Ф. Муращенко. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 6, 1960. [6]. В. Е. Старичкова. ИВУЗ, «Пищевая технология» № 2(15), 22, 1960. [7]. Н. В. Чалов. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 7, 1962. [8]. Н. В. Чалов, Ю. К. Лаппо-Данилевский. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1963. [9]. В. И. Шарков. Гидролизное производство, т. III, Гослесбумиздат, М.-Л., 1950. [10]. В. И. Шарков, И. И. Корольков, Е. Н. Гарманова. Журн. «Гидролизная и лесохимическая промышленность» № 1, 6, 1956.

Поступила в редакцию  
3 декабря 1962 г.



## О КАЧЕСТВЕ КАНИФОЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ СТВОЛОВОГО ОСМОЛА

**Б. С. ФИЛИПОВ**

Аспирант

**А. Е. СОСНИН**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Известно, что дефицит баланса канифоли в стране вызвал проведение ряда работ, направленных на изыскание дополнительных источников получения канифольных продуктов. В последние годы предложено использовать, кроме обычного пневого осмола, другие виды смолистой древесины: свежие сосновые пни, комлевую древесину, стружку с карр, карро-осмол, стволовый осмол [1], [2], [3], [6], [7], [8], [9]. Указанные виды сырья рекомендуется использовать в канифольно-экстракционном производстве, а некоторые из них — в качестве добавки к сырью сульфатно-целлюлозных заводов. По нашему мнению, из всех перечисленных видов сырья стволовый осмол является наиболее перспективным. Его можно заготавливать в лесозаготовительном потоке с применением обычных механизмов и средств транспорта, тогда как получение других видов сырья связано с организационными и техническими трудностями. Районом заготовки стволового осмола прежде всего может стать Архангельская область, где ежегодно заготавливается свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> стволового осмола для нужд смоло-скипидарного производства.

К сожалению, в литературе имеется сравнительно мало данных о количестве и качестве смолистых веществ стволового осмола. Указывается, что смолистость стволового осмола составляет 10—12% на древесину 20%-ной влажности [10]. По другим данным [1], [2] смолистость осмола, полученного по вельскому способу подсочки, равна 13—16%. В ряде работ [2], [7] указывается на более низкую смолистость стволового осмола, заготовленного в Ленинградской области, — 8—9% на абс. сухое вещество. Эти работы показывают, что содержание канифоли в стволовом осмоле значительно ниже, чем в пневом, однако в 2—3 раза выше, чем в обычной сосновой древесине; при этом осмол, полученный в Архангельской области, имеет более высокое содержание канифоли.

О качестве канифоли, полученной из стволового осмола, в литературе имеются скудные сведения. Ф. А. Чесноков [10] дает характеристику канифоли, полученной экстракцией различными растворителями (легкий бензин, бензин, скипидар) из периферийного слоя стволового осмола. Показатели канифоли в зависимости от условий ее выделения даже при извлечении одним и тем же растворителем заметно колеблются:

марка канифоли *H—F*, температура размягчения 57,5—74° С, кислотное число 145,2—164,1, число омыления 160,2—172,4, содержание неомыляемых 7—10,9%. Ф. А. Медников [8] приводит следующий состав канифоли, полученной из стволового осмола Ленинградской области, для комлевых и верхних чураков соответственно: неомыляемые — 8,24—8,51% и 6,06—7,19%, жирные кислоты — 21,96—26,51% и 25,50—32,71%, смоляные кислоты — 64,98—69,80% и 60,10—68,44%. А. В. Вавулин и Р. А. Котовская [2] приводят состав канифоли из стволового осмола, полученного по вельскому способу подсочки при различных ее сроках (см. табл. 1).

Таблица 1

Год подсочки	Содержание канифоли в осмоле, %	Неомыляемые вещества, %	Жирные кислоты, %	Смоляные кислоты, %
1-й	7,72—7,4	8—10	27,4—33,0	59,0—62,6
2-й	9—12	10,5—12,5	34,5—35,5	52,5—55,0
3-4-й	10,5—12,1	11,0—13,2	33,1—37,0	52,0—54,8

В настоящей статье приводятся результаты работ по определению смолистости стволового осмола Архангельской области и качества канифоли, полученной из этого осмола. Анализу подвергали стволовый осмол Вельского химлеспроба Архангельской области, полученный по следующей технологии: в течение первых пяти лет проводили осмолподсочку мелкотоварного соснового насаждения с целью получения барраса. Затем следовал год отдыха, а в течение последующих двух лет осмол готовился к срубам, для чего в год, предшествующий срубам, проводили сужение северного ремня и нанесение вздымок шагом от 60 до 120 см, в год сруба — нанесение вздымок шагом 60—120 см.

Исследовали стволовый осмол трех образцов. Образец 1 — осмол подготовлен к срубам в 1961 г., получен при осмолподсочке соснового насаждения V бонитета по бору-беломошнику, полнота насаждения — 0,5, класс возраста — IV, средний диаметр хлыста исследовавшейся партии смолья — 17,9 см. Среднюю пробу отбирали из партии 7 хлыстов объемом около 1 м<sup>3</sup>. Образец 2 — осмолподсочка насаждения V бонитета закончена в 1960 г., бор-беломошник, полнота насаждения — 0,4, класс возраста IV, средний диаметр хлыста — 12,2 см. Среднюю пробу отбирали из 15 хлыстов объемом около 1 м<sup>3</sup>. Образец 3 — подсочка закончена в 1961 г., насаждение V бонитета по бору-беломошнику с полнотой 0,5, класс возраста — IV, средний диаметр хлыста — 17,9 см. Среднюю пробу отбирали из партии объемом 0,3 м<sup>3</sup>. Для первого образца работы проведены в полном объеме, для второго не проводилась двухгодичная подготовка к срубам. Стволовый осмол третьего образца поступил в рубку сразу после пяти лет подсочки.

Из хлыстов через каждые 50 см выпиливали диски толщиной 20 мм. Отбирали среднюю пробу опилок, которую помещали в стеклянные банки с притертыми пробками и анализировали на следующий день. Определение влажности производили по методу Дина и Старка, содержание канифоли — экстракцией серным эфиром в аппарате Иванова, содержание летучих — гетерогенной отгонкой по варианту с натриевой щелочью [5]. Из выпиленных дисков одновременно была получена щела размером 20 × 20 × 3 мм и в ней определено содержание летучих. Результаты анализа образцов приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что образцы стволового осмола содержат от 12,7 до 15,4% канифоли и 2,2—2,7% скипидара на абс. сухую древесину. Со-

Таблица 2

Образцы	Влаж-ность, %	Канифоль		Скипидар			Всего смолистых	
		на абс. сухую древесину	на древе-сину 20%-ной влажности	на абс. сухую древесину		на древе-сину 20%-ной влажности	на абс. сухую древесину	на древе-сину 20%-ной влажности
				щепы	опилок			
1	8,4	12,89	10,31	2,39	2,26	1,91	15,28	12,22
2	19,6	12,69	10,15	2,20	2,00	1,76	14,89	11,91
3	36,3	15,44	12,35	2,66	2,29	2,13	18,10	14,48

держание скипидара практически одинаково для всех видов осмола и составляет около 15% от суммы смолистых. Содержание летучих в щепе для каждого из исследованных образцов осмола несколько выше, чем в опилках средней пробы. Причем в течение первых двух-трех часов опилки, находящиеся на воздухе, теряют примерно третью часть скипидара. Содержание летучих в щепе после шести месяцев хранения составило 1,66%.

Опилки, полученные при отборе средней пробы, и осмольную щепу, измельченную до состояния опилок на дробилке, использовали для получения образцов канифоли. Извлечение смолистых производили горячей экстракцией серным эфиром в аппарате Иванова, экстракт упаривали и затем уваривали канифоль при конечной температуре варки 170°С.

Канифоль анализировали по ГОСТу 797—55, дополнительно определяли групповой состав и нерастворимые в петролейном эфире (НПЭ) по методу Швальбе в модификации ЦНИЛХИ. Результаты анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Канифоль стволового осмола			ГОСТ 797-55
	образец 1, срок подсочки 8 лет	образец 2, срок подсочки 6 лет	образец 3, срок подсочки 5 лет	канифоль второго сорта
Марка цветности . . . . .	E	E—F	F	F—B
Температура размягчения, °С . . . . .	63,4	60,2	64,5	54,0
Кислотное число . . . . .	149,1	148,7	154,1	150
Число омыления . . . . .	172,5	173,7	174,2	—
Неомыляемые, % . . . . .	6,10	5,62	4,40	10,5
НПЭ (окисленные), % . . . . .	17,23	13,97	10,46	—
Жирные кислоты, % . . . . .	12,62	12,56	12,20	—
Смоляные кислоты, % . . . . .	64,06	67,96	72,59	—
НПЭ по методу Швальбе по модификации ЦНИЛХИ, % . . . . .	13,48	10,30	6,78	—

Как видно из табл. 3, канифоль из стволового осмола имеет показатели выше норм ГОСТа 797—55 на канифоль второго сорта. Лишь кислотное число для образцов первого и второго незначительно ниже требований стандарта.

Содержание жирных кислот в трех исследованных образцах составило всего 12,2—12,6%, причем, чем выше была смолистость осмола, тем ниже было содержание жирных кислот [10].

В. С. Васечкин [3] считает, что содержание окисленных веществ в канифоли из стволового осмола должно быть меньше, чем в пневой экс-  
10\*

тракционной канифоли, а Ф. А. Васильев [4] нашел в канифоли из карро-осмола 3,9% этих веществ. В исследованных образцах канифоли содержание окисленных веществ оказалось довольно высоким, причем с увеличением срока подсочки количество окисленных значительно возрастает. Образец 1 с общим сроком подсочки 8 лет имел содержание окисленных 17,23%, а образец 3 с пятилетней подсочкой — всего 10,46%. Прямое определение количества окисленных веществ дало более низкие результаты.

Содержание неомыляемых веществ во всех образцах низкое, причем с удлинением срока подсочки оно увеличивается.

В целом канифоль исследованных образцов стволового осмола значительно отличается по своим показателям и составу как от обычной пневой канифоли, так и от канифоли из свежих пней и из карро-осмола.

### Выводы

1. Показано, что при удлинении подсочки с 5 до 8 лет не наблюдается относительного увеличения содержания канифоли и скипидара в стволовом осмоле.

2. Канифоль, полученная из стволового осмола, имеет более высокие физико-химические показатели, чем это предусмотрено нормами на экстракционную канифоль из спелого пневого осмола.

3. Канифоль из стволового осмола содержит: жирных кислот — 12,2—12,62%, неомыляемых веществ — 4,4—6,1%, смоляных кислот — 64,06—72,59% и окисленных веществ — 10,46—17,23%.

4. При увеличении срока подсочки наблюдается увеличение количества окисленных веществ и неомыляемых и снижение содержания смоляных кислот.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. В. Вавулин, С. Я. Коротов. Методы переработки смолистой древесины. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 5, 6, 1935. [2]. А. В. Вавулин, Р. А. Котовская. Осмолоподсочная древесина как сырье для лесохимии. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 3, 1935. [3]. В. С. Васечкин. Технология экстрактивных веществ дерева. Гослесбумиздат, М., 1953. [4]. Ф. А. Васильев. Карро-осмол из отходов лесопиления. Совершенствование производства канифоли. М., 1960. [5]. В. И. Вершук, Н. А. Гурич. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. Гослесбумиздат, М., 1960. [6]. Н. А. Гурич и др. Комлевая сосновая древесина — полноценное сырье. Журн. «Бумажная промышленность» № 10, 1961. [7]. Ф. А. Медников. О применении стволового осмола в производствах химической технологии древесины. Научные труды ЛТА, вып. 91, 1960. [8]. Д. Н. Смирнов, Ф. А. Медников. К вопросу о качественной характеристике канифоли из молодых пней и смолья подсочки. Труды ЛТА, 61, 1947. [9]. Д. Н. Смирнов, Ф. А. Медников. О комплексном использовании малосмолистой древесины. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 7, 1940. [10]. Ф. А. Чесноков. Исследование смолья-подсочки в качестве сырья для канифольно-экстракционной промышленности. Журн. «Хозяйство Севера» № 5 и 6, 1931.

Поступила в редакцию  
18 января 1963 г.

## ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫХОДА ЛИКВИДНОЙ СОСНОВОЙ И ЕЛОВОЙ ЛАПКИ ПРИ ЛЕСОРАЗРАБОТКАХ

**М. В. ПУЧКОВ**

Кандидат экономических наук

(Институт леса и лесохимии Государственного комитета по координации научно-исследовательских работ)

Общеизвестно, что в лесу остается до 30% древесины в виде сучьев, веток, пней. Эти отходы должны быть утилизированы комбинированными лесохимическими установками для получения остродефицитных продуктов для различных отраслей народного хозяйства СССР.

По опытным данным Гипролестранса [1] одна тонна мелких сосновых веток дает: эфирного масла — 0,5—1,0 кг; лечебного экстракта — 160—280 кг; хлорофилло-каротиновой пасты — 37—58 кг; древесной шерсти — 160 кг, хвойно-витаминной муки — 325 кг.

Для разработки нормативов по сырью, необходимых для обоснования лесосырьевых баз, на территории которых можно проектировать установки по утилизации порубочных остатков, нами были исследованы выходы ликвидной сосновой и еловой лапки на лесосеках.

Хвойной лапкой, как известно, считаются охвоенные мелкие сучки диаметром 1 см и тоньше, используемые для производства эфирных масел, набивочного волокна, термоизоляционных плит и т. д.

Выход ликвидной хвойной лапки (могущей быть собранной и доставленной на установку для переработки) зависит от ряда факторов, в том числе от таксационных элементов лесосеки, температуры воздуха, места заготовки (лес, верхний склад).

Натурные работы\* по учету выхода лапки проводились с 20 января по 28 февраля 1947 г. при температуре воздуха от 10 до 30° ниже нуля, иногда в сильные метели.

Хвойные насаждения Тихвинского леспромхоза, в основном, относятся к IV—V—VI классам возраста, II—III—IV классам бонитета, имеют полноту от 0,5 до 0,9; по составу это чаще чистые сосняки или ельники.

До сего времени по изучаемому вопросу имелись только оперативные данные Тихвинского лесхимзавода, определявшие выход сосновой лапки с 1 га вырубок хвойных насаждений в среднем в 5,5 т.

Нам предстояло определить выход хвойной лапки у сосны и у ели (с 1 м<sup>3</sup> древесины) в зависимости от возраста насаждения, класса бонитета и полноты\*\*.

\* Эти работы были проведены опытными таксаторами Васильевым и Брауде под руководством автора.

\*\* Методика работ согласована с проф. Н. В. Третьяковым.

С этой целью были заложены для сосны 12 и для ели 8 пробных площадей. Распределение их по классам возраста и бонитета показано в табл. 1. Их величина колебалась от 0,15 до 0,25 га. На пробе было от 51 до 190 деревьев.

Таблица 1

Порода	Число пробных площадей								
	по классам возраста						по классам бонитета		
	IV	V	VI	VII	VIII	X	II	III	IV
Сосна . . . .	1	5	4	1	1	—	5	3	4
Ель . . . . .	1	2	1	2	1	1	5	2	1

Срублено моделей сосны — 94 и ели — 66 штук.

Хвойную лапку, собранную с каждой модели, и сучковые дрова взвешивали безменом грузоподъемностью 20 кг.

Для каждой модели указывали класс возраста, класс бонитета, тип леса, полноту насаждения, класс роста, объем модели, вес лапки, вес сучьев, температуру воздуха, при которой была собрана лапка.

По каждой пробной площади для моделей были вычислены выход лапки на 1 м<sup>3</sup> объема дерева и выход сучьев. Кроме того, все модели по породам группировались по возрастам, классам бонитета, полноте, классам роста, типам леса с вычислением среднего относительного выхода ликвидной лапки и, отдельно, сучковых дров. В табл. 2 даны результаты исследования.

Таблица 2

Факторы, влияющие на выход лапки	Выход лапки, кг на 1 м <sup>3</sup> древесины у	
	ели	сосны
Класс возраста		
III . . . . .	224,7	—
IV . . . . .	—	78,9
VI . . . . .	102,0	—
VII . . . . .	—	34,3
Класс бонитета		
I . . . . .	70,3	—
III . . . . .	—	49,8
IV . . . . .	—	53,2
V . . . . .	143,0	—
Полнота . . . . .		
0,6 . . . . .	103,8	57,0
0,7 . . . . .	—	50,7
0,9 . . . . .	55,0	—
Класс роста . . . . .		
I . . . . .	92,1	47,89
II . . . . .	109,1	53,19
III . . . . .	143,0	63,31
IV . . . . .	216,0	93,82
Тип леса		
черничник	—	62,45
брусничник	—	56,75
зеленомошник	—	53,4
долгомошник	—	46,1

К факторам, влияющим на весовой выход ликвидной хвойной лапки, следует отнести температуру воздуха.

При морозе 28°С крона дерева при падении разбивается, лапка рассыпается так, что собирать ее приходится граблями. При этом у

сосны отпад лапки доходит до 90%, а у неподсоченной — еще больше. Для ели отпад доходит до 30%.

В среднем в зимнее время выход сосновой ликвидной лапки составляет 80%, для ели — 90% от веса лапки на дереве.

Таким образом, в среднем в зимнее время в Тихвинском леспромухозе на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины можно собрать ликвидной сосновой лапки 50 кг и еловой — 90 кг. Фактически Тихвинский лесхимзавод в среднем за последние 10 лет собирает примерно 47 кг с 1 м<sup>3</sup> древесины сосны. В летнее время выход ликвидной лапки увеличится до 60 кг для сосны и до 100 кг для ели. В результате обработки полученных данных нами составлены предварительные таблицы выхода ликвидной сосновой и еловой лапки с 1 га (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Запас на 1 га	Выход сосновой ликвидной лапки (Т/га) при проценте сосны в составе насаждения								
	100	90	80	70	60	50	40	30	20
100	6,0	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0	2,4	1,8	1,2
110	6,4	5,8	5,1	4,5	3,8	3,2	2,5	1,9	1,25
120	6,8	6,1	5,4	4,7	4,0	3,4	2,7	2,0	1,35
130	7,2	6,4	5,7	5,0	4,3	3,5	2,85	2,15	1,4
140	7,6	6,8	6,0	5,2	4,5	3,8	3,0	2,25	1,5
150	7,9	7,1	6,3	5,5	4,7	3,95	3,15	2,35	1,55
160	8,2	7,3	6,5	5,7	4,9	4,1	3,28	2,48	1,63
170	8,5	7,6	6,8	5,9	5,1	4,25	3,4	2,53	1,7
180	8,7	7,8	7,0	6,1	5,2	4,35	3,50	2,6	1,75
190	9,0	8,1	7,2	6,3	5,4	4,5	3,6	2,7	1,8
200	9,2	8,3	7,4	6,4	5,5	4,6	3,7	2,76	1,85
210	9,4	8,5	7,6	6,6	5,6	4,7	3,8	2,83	1,87
220	9,6	8,7	7,7	6,7	5,8	4,8	3,85	2,9	1,92
230	9,7	8,8	7,8	6,8	5,9	4,85	3,9	2,93	1,94
240	9,8	8,9	7,9	6,9	6,0	4,9	3,95	2,37	1,96
250	9,9	9,0	8,0	7,0	6,1	4,95	4,0	3,0	1,98
260	10,0	9,1	8,1	7,1	6,2	5,0	4,05	3,03	2,0

Таблица 4

Запас на 1 га	Выход еловой ликвидной лапки (Т/га) при проценте ели в составе насаждения								
	100	90	80	70	60	50	40	30	20
100	9,6	8,6	7,6	6,7	5,7	4,8	3,8	2,86	1,9
110	10,3	9,1	8,1	7,2	6,2	5,15	4,05	3,03	2,06
120	11,0	9,9	8,8	7,8	6,6	5,5	4,4	3,3	2,2
130	11,7	10,5	9,4	8,2	7,0	5,85	4,7	3,5	2,34
140	12,3	11,0	9,9	8,6	7,3	6,15	4,95	3,66	2,46
150	12,9	11,6	10,3	9,0	7,7	6,45	5,15	3,86	2,58
160	13,4	12,1	10,7	9,4	8,0	6,7	5,35	4,03	2,68
170	13,9	12,5	11,1	9,7	8,3	6,95	5,55	4,17	2,78
180	14,4	12,9	11,5	10,1	8,6	7,2	5,75	4,3	2,88
190	14,8	13,3	11,8	10,4	8,9	7,4	5,9	4,43	2,96
200	15,2	13,6	12,2	10,6	9,1	7,6	6,1	4,53	3,04
210	15,5	13,9	12,4	10,9	9,3	7,25	6,2	4,63	3,1
220	15,8	14,2	12,6	11,1	9,5	7,9	6,3	4,73	3,16
230	16,1	14,5	12,8	11,3	9,7	8,05	6,4	4,83	3,22
240	16,3	14,2	13,0	11,4	9,8	8,15	6,5	4,9	3,26
250	16,5	14,8	13,2	11,5	9,9	8,25	6,6	4,93	3,3
260	16,6	14,9	13,3	11,6	10,0	8,3	6,65	4,96	3,32
270	16,7	15,0	13,4	11,7	10,1	8,35	6,7	5,0	3,34

Табл. 3 дает уменьшенный выход сосновой ликвидной лапки — против возможного фактического выхода ее на пробных площадях — примерно на 12%.

Табл. 4 дает уменьшенный выход еловой ликвидной лапки в лесу примерно на 20%, по сравнению с фактической заготовкой ее на пробных площадях. Кроме того, при заготовке хвойной лапки весной, осенью и особенно летом выход ее больше.

Большие трудозатраты сбора хвойной лапки на лесосеках заставили переносить заготовку на верхние лесные склады (при трелевке деревьев с кронами) и даже на нижние склады (при вывозке с кронами).

Однако, как установлено\*, выход ликвидной сосновой лапки при заготовке ее на верхних складах в зимних условиях уменьшается на 80%, а еловой лапки — на 33%.

Таким образом, при заготовке хвойной лапки зимой на верхних лесных складах ежегодная лесосека должна быть больше по сосне — в 5 раз, по ели — в 1,5 раза.

Опазд хвойной лапки при заготовке ее на верхних складах в летних условиях требует дополнительного изучения.

Кроме выхода ликвидной сосновой и еловой лапки учитывался одновременно и выход сучковых дров этих древесных пород, так как предполагается лапку разделять на заводе, а сучковые дрова использовать как топливо.

Выход сучковых дров для сосны составляет 50% от веса сосновой ликвидной лапки и для ели 60%.

По объему сучковые дрова сосны составляют 8% в складочной мере от запаса стволовой древесины для сосны и для ели — 10%.

В настоящее время имеются некоторые литературные данные о наличии хвой в древостоях. Так, по И. К. Иевиню [2], вес еловой хвой и всех веток ее на 1 м<sup>3</sup> древесины равен 134 кг. Зеленая масса ели, то есть хвойной лапки толщиной до 0,6 см, составляет 74 кг. Вес веток толщиной 0,6—3,0 см равен 48 кг, а вес веток толщиной 3,1—6,0 см — 12 кг. Меньший выход еловой лапки у И. К. Иевиня мог быть следствием того, что он брал пробные площади в лучших классах бонитетов (Ia, II).

Подобные же данные наблюдались и у М. Я. Оскреткова [3].

\* Разработка технологии и организации производства заготовки хвойной лапки. Отчет по теме № 142 за 1960 г. специального конструкторского бюро Управления лесомельпромышленности Ленинградского совнархоза.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. И. Горышин, Б. А. Ильин. Комплексное лесопромышленное предприятие. Журн. Лесная промышленность № 10, 1961. [2] И. Иевинь, Э. Дикельсон. Масса кроны осины, березы и ели в кистичниках Латвии. Журн. «Лесное хозяйство» № 4, 1962. [3] М. Я. Оскретков. Изменение количества и качества хвой сосны в зависимости от полноты и возраста. Труды Брянского лесохозяйственного института, т. VII, 1956.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ИМПУЛЬСНЫЙ СУММИРУЮЩИЙ АВТОКУБАТУРНИК  
ДЛЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ПОТОКОВ ДРЕВЕСИНЫ

А. М. КИЛЯКОВ

Старший научный сотрудник

(Северный НИИ промышленности)

*Предварительные замечания*

Разработка средств автоматизации объемного учета древесины для поперечных технологических потоков имеет большое практическое значение. Однако до настоящего времени эта задача решалась механическими элементами автоматики только для случая рассортированной по длине древесины, когда задача вычисления объема сводится лишь к возведению в квадрат замеренного диаметра бревна [7].

Ниже рассматривается принципиальная схема автокубатурника для поперечных потоков не рассортированной по длине древесины, выполняемая с использованием элементов электроавтоматики, и приводится математический анализ схемы. При разработке схемы автокубатурника предполагалось, что он должен быть использован в технологических потоках автоматизированных линий, которые обеспечивают следующие предпосылки автоматизации учета.

1. Загружаемые на поперечный транспортер бревна строго ориентируются или по середине, или по одному из торцев бревна.

2. В случае ориентации по середине на участке измерения геометрических параметров бревен конструкцией транспортера обеспечивается строго определенное положение нижней образующей бревна.

3. В случае ориентации бревен по одному из торцев они ориентируются также комлем в одну сторону.

4. Сбежистость бревен учитывается средним ее значением.

5. Кора учитывается единой научно-обоснованной таблицей корректирующих коэффициентов.

В зависимости от вида ориентации бревен на поперечном транспортере видоизменяется схема измерения диаметра бревен.

В случае ориентации бревен по середине над потоком монтируется П-образная арка, на которой устанавливается измерительный механизм диаметра, имеющий только верхний копирующий рычаг (рис. 2), поскольку в этом случае обеспечивается строго определенное положение нижней образующей бревна.

В случае ориентации бревен по торцу измерительный механизм диаметра устанавливается с торца и имеет верхний и нижний копирующие рычаги, причем синхронный двигатель рис. 2 в этом случае должен быть жестко связан с нижним рычагом. Так как схема автокубатурника для

обсех случаях в принципе одинакова, далее будет рассмотрен только случай ориентировки бревен по середине.

### Принципиальная схема автокубатурника

Общий принцип работы автокубатурника пояснен блок-схемой рис. 1.

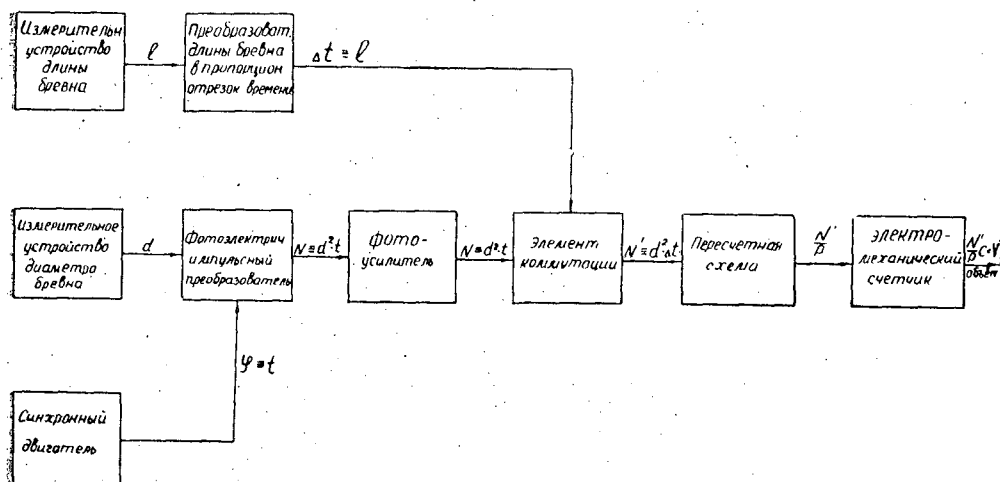


Рис. 1. Блок-схема автокубатурника.

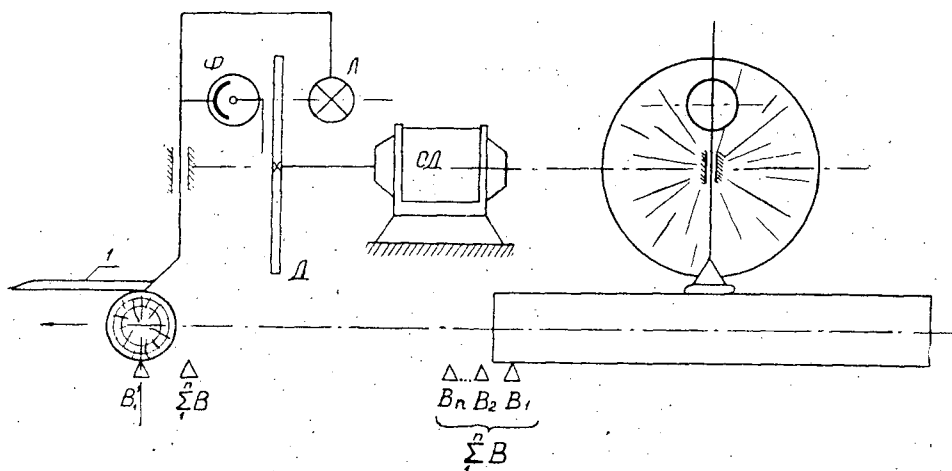


Рис. 2. Принципиальная схема измерения геометрических параметров бревна.

Для детального пояснения рассмотрим принципиальные схемы рис. 2, 3 и 4.

На пути движения бревен ставится группа датчиков  $\sum V$  (рис. 2), предназначенная для измерения длины. Расстояние от середины бревна до датчика  $V_1$  определяется минимальной длиной бревна, а расстояние между датчиками — точностью измерения в общем случае, или же

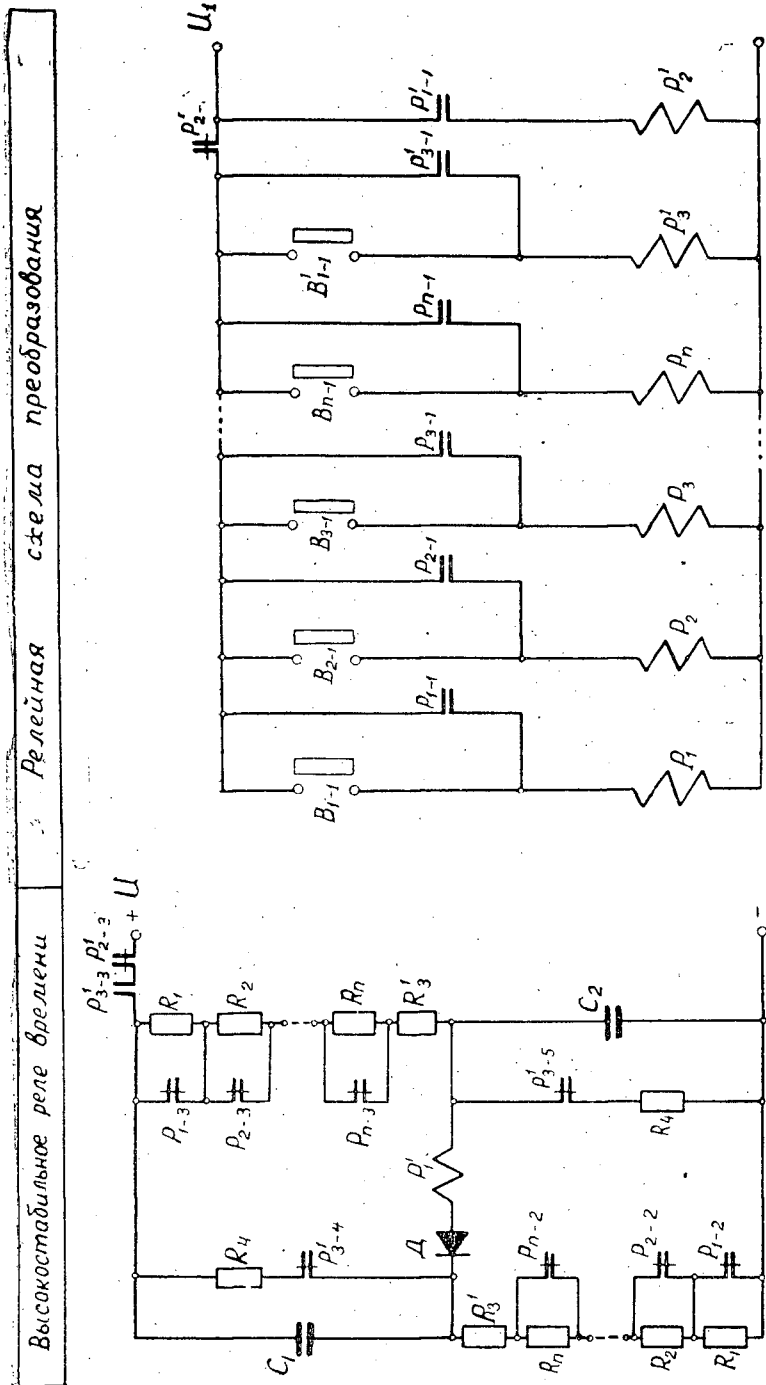


Рис. 3. Принципиальная схема преобразования длины бруска в пропорциональный отрезок времени.

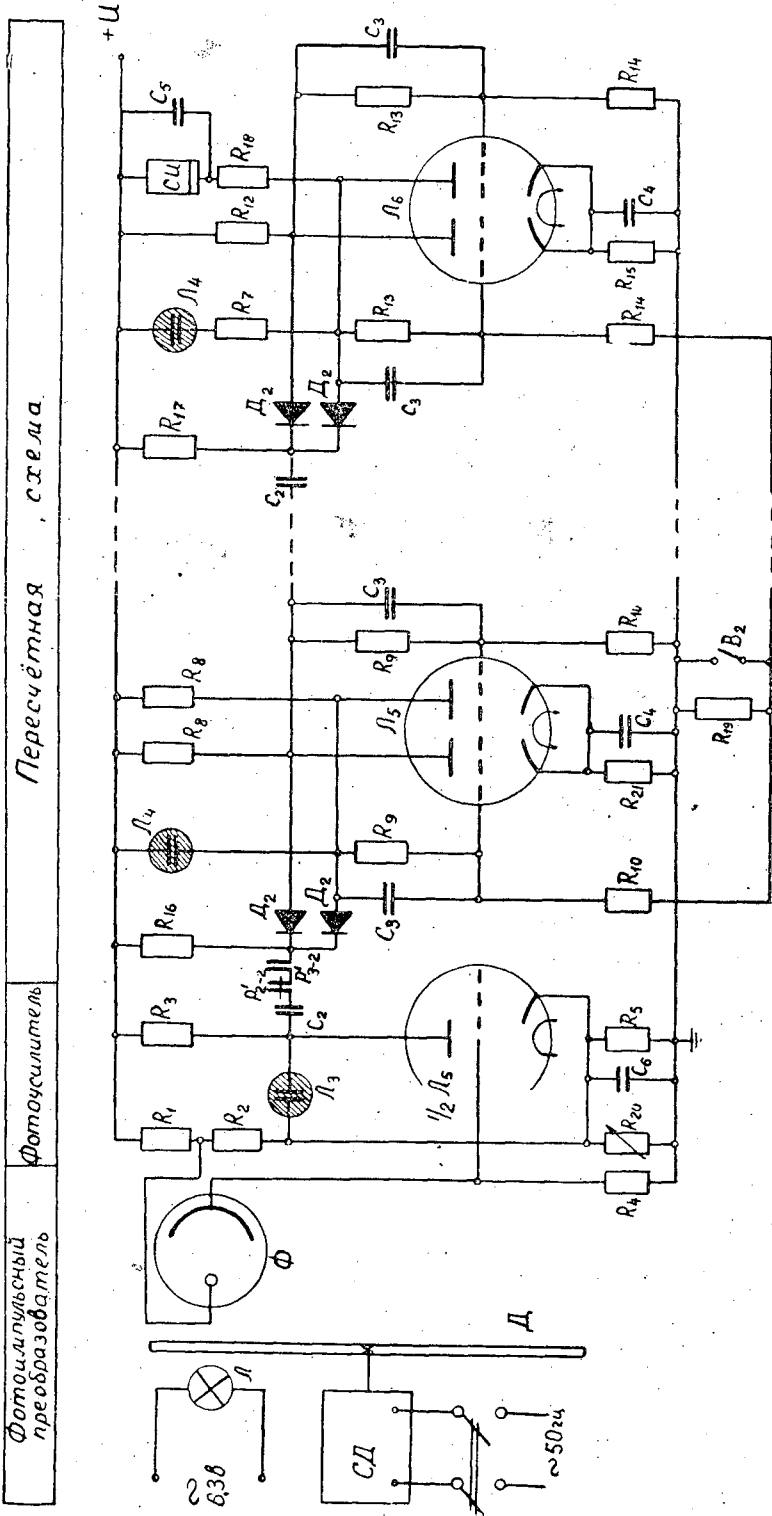


Рис. 4. Принципиальная схема импульсного суммирования.

ассортиментом длин, если он известен заранее. Далее по ходу бревен располагается датчик  $B_1^1$ , предназначенный для подачи сигнала в схему на начало обработки результатов измерений.

Взаимное расположение датчиков таково, что к моменту срабатывания  $B_1^1$  измерение длины закончено, и бревно полностью подошло под копирующий рычаг  $I$ . Последний жестко связан с фотоэлементом  $\Phi$  и осветителем  $L$ . Между фотоэлементом и осветителем помещен диск  $D$ , на котором сделаны радиальные прорезы, число которых от центра к краю растет в квадратичной зависимости [4]. Диск вращается синхронным двигателем  $CD$ .

Поскольку угол поворота  $CD$  пропорционален времени, то число импульсов, попадающих на фотоэлемент, пропорционально произведению квадрата диаметра на время. Отсюда следует, что если замеренную датчиками  $\Sigma B$  длину бревна преобразовать в пропорциональный отрезок времени  $t$  и суммировать импульсы в течение этого отрезка, то сумма импульсов будет пропорциональна объему. Схемы преобразования и суммирования изображены соответственно на рис. 3 и 4. Работа этих схем происходит следующим образом.

Допустим, что длина бревна соответствует случаю, изображенному на рис. 2. Тогда при движении бревна сработает датчик  $B_1$  и своим контактом  $B_{1-1}^1$  (рис. 3) подаст питание на реле  $P_1$ . В результате реле  $P_1$  сработает и разорвет свои контакты  $P_{1-2}$  и  $P_{1-3}$ , вследствие чего в цепь конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  высокостабильного реле времени будут введены сопротивления  $R_1$ , которые в сумме с сопротивлениями  $R_3^1$  обеспечат время срабатывания реле, пропорциональное замеренной длине бревна (подробнее реле будет рассмотрено ниже). В результате схема преобразования будет подготовлена к работе.

По мере движения бревна, когда последнее окажется под копирующим рычагом  $I$  (рис. 2), сработает датчик  $B_1^1$  и замкнет свой контакт  $B_{1-1}^1$ . В результате этого сработает реле  $P_3^1$ , которое контактом  $P_{3-1}^1$  встанет на самоблокировку, а контактами  $P_{3-2}^1$  и  $P_{3-3}^1$  одновременно составит цепи подачи импульсов на пересчетную схему (рис. 4) и подачи питания на реле времени (рис. 3). В результате пересчетная схема начнет суммировать импульсы, частота поступления которых пропорциональна квадрату диаметра бревна.

По истечении выдержки времени, пропорциональной длине бревна, и сработает реле  $P_1^1$  (рис. 3), которое своим контактом  $P_{1-1}^1$  подаст питание на реле  $P_2^1$ . Последнее сработает и своими контактами  $P_{2-1}^1$ ,  $P_{2-3}^1$  и  $P_{2-2}^1$  возвратит схемы преобразования и суммирования в исходное состояние.

В результате пересчетная схема зафиксирует число импульсов  $N'$ , пропорциональное произведению квадрата диаметра на отрезок времени, соответствующий длине бревна (рис. 1). Пересчетная схема производит деление числа импульсов  $N'$  на коэффициент пересчета [1]. Число импульсов, получающееся после деления, фиксируется электромеханическим счетчиком импульсов  $SU$  (рис. 4), показания которого пропорциональны объему бревен, прошедших через автокубатурник.

#### Анализ схемы автокубатурника

Цель анализа — определение параметров схемы, обеспечивающих высокую точность преобразования замеренных геометрических параметров бревен в объем при различных напряжениях сети.

Поскольку скорость вращения синхронного двигателя не зависит от напряжения, а схемы релейные и импульсного суммирования, являясь схемами дискретного действия, могут работать четко в широком диапазоне изменения напряжения сети [5], то целесообразно ограничиться только анализом высокостабильного реле времени.

На рис. 5 изображена схема реле, соответствующая рис. 3, но без делителей несущественного характера. Сопротивление  $R_1$  равно сопротивлению исполнительного элемента схемы (в частности, сопротивлению реле  $P_1$ ).

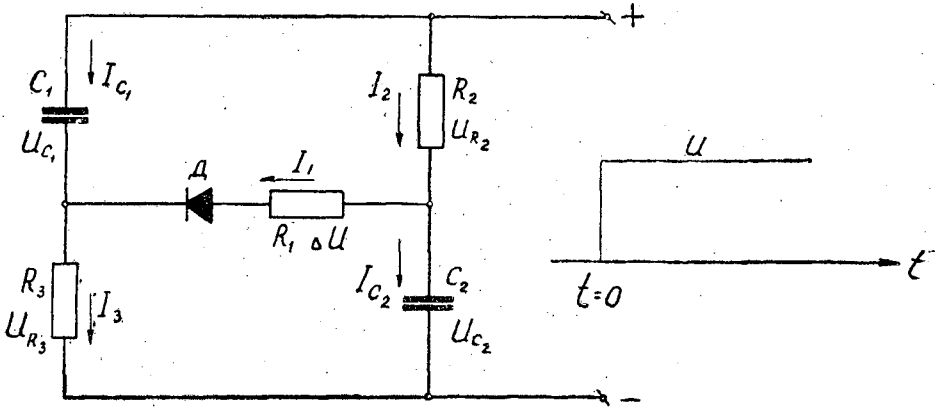


Рис. 5. Расчетная схема высокостабильного реле времени.

Анализ будем проводить для случая подачи на схему напряжения  $U$  в виде ступенчатой функции, которая характеризуется тем, что до момента  $t=0$ ,  $u=0$ , а при  $t \geq 0$ ,  $u = \text{const}$  [8], причем, ввиду громоздкости математических выкладок, остановимся лишь на узловых моментах анализа.

После подачи напряжения  $U$  на схему, напряжение в диагонали моста  $\Delta U = U_{C_2} - U_{R_3}$  сначала имеет отрицательный знак и с течением времени уменьшается по абсолютной величине, а затем становится равным нулю. Время с момента подачи напряжения до момента, когда  $\Delta u = 0$ , обозначим через  $t_1$ . В течение этого времени диод  $D$  заперт, и ток в диагонали моста отсутствует.

По мере заряда конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  при  $t > t_1$  разность  $\Delta U$  положительна и возрастает со временем, а когда достигнет величины  $U_{\text{ср}}$ , исполнительный элемент схемы начнет срабатывать. Промежуток времени с момента  $t=t_1$  до момента, когда  $\Delta U = U_{\text{ср}}$ , обозначим через  $t_2$ .

Тогда общее время срабатывания будет равно сумме

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3, \quad (1)$$

где  $t_3$  — собственное время срабатывания исполнительного элемента.

Для простоты анализа схемы предположим, что в течение времени  $t \leq t_1$  обратное сопротивление диода равно бесконечности, а при  $t > t_1$  прямое сопротивление диода равно нулю. Тогда при  $t \leq t_1$  диагональ моста можно считать разорванной, а работу схемы описать следующими уравнениями [2]:

$$U_{R_3} = Ue^{-\frac{t}{T_1}}; \quad (2)$$

$$U_{C_2} = U \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_2}} \right), \quad (3)$$

где  $T_1 = C_1 R_3$ ;  $T_2 = C_2 R_2$ .

Поскольку при  $t = t_1$  имеет место равенство  $U_{C_2} = U_{R_3}$ , то, приравняв правые части уравнений (2) и (3) и делая некоторые преобразования, получим трансцендентное уравнение вида

$$e^{-\frac{t_1}{T_1}} + e^{-\frac{t_1}{T_2}} = 1. \quad (4)$$

Решение этого уравнения для общего случая, когда  $T_1 \neq T_2$ , является довольно громоздким, поэтому ограничимся лишь частным случаем, когда  $T_1 = T_2 = T$ , для которого путем несложных математических выкладок получим

$$t_1 = T \ln 2. \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что составляющая  $t_1$  не зависит от напряжения  $U$ .

Для  $t > t_1$  работа схемы описывается системой уравнений, справедливость которых может быть усмотрена из рис. 5.

$$\left. \begin{aligned} I_2 &= I_{C_2} + I_1; \\ I_3 &= I_{C_1} + I_1; \\ I_{C_1} &= C_1 \frac{dU_{C_1}}{dt}; \\ I_{C_2} &= C_2 \frac{dU_{C_2}}{dt}; \\ I_2 &= \frac{U - U_{C_2}}{R_2}; \\ I_3 &= \frac{U - U_{C_1}}{R_3}; \\ I_1 &= \frac{U_{C_1} - U_{R_2}}{R_1}; \\ U_{R_2} &= U - U_{C_2}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Путем несложных преобразований она приводится к двум дифференциальным уравнениям вида

$$\frac{U - U_{C_2}}{R_2} = \frac{U_{C_1} - U + U_{C_2}}{R_3} + C_2 \frac{dU_{C_2}}{dt}; \quad (7)$$

$$\frac{U - U_{C_1}}{R_3} = \frac{U_{C_1} - U + U_{C_2}}{R_1} + C_1 \frac{dU_{C_1}}{dt}. \quad (8)$$

Из уравнения (7) находим

$$U_{C_1} = \frac{R_1}{R_2} (U - U_{C_2}) + U - U_{C_2} - C_2 R_1 \frac{dU_{C_2}}{dt}. \quad (9)$$

Дифференцируя (9), имеем

$$\frac{dU_{C_1}}{dt} = -\frac{R_1}{R_2} \frac{dU_{C_2}}{dt} - \frac{dU_{C_2}}{dt} - C_2 R_1 \frac{d^2 U_{C_2}}{dt^2}. \quad (10)$$

Подставляя (9) и (10) в (8), после некоторых преобразований получим неоднородное линейное дифференциальное уравнение вида

$$\frac{d^2 U_{C_2}}{dt^2} + a \frac{dU_{C_2}}{dt} + b U_{C_2} = b_1 U, \quad (11)$$

где

$$a = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_1^1} + \frac{1}{T_2^1}; \quad (12)$$

$$b = \frac{1}{T_1 T_2} + \frac{1}{T_1^1 T_2^1} + \frac{1}{T_1^1 T_2}; \quad (13)$$

$$b_1 = \frac{1}{T_1 T_2} + \frac{1}{T_1^1 T_2}. \quad (14)$$

В свою очередь  $T_1^1 = C_1 \cdot R_1$ ;  $T_2^1 = C_2 \cdot R_1$ .

При начальных условиях  $t=0$ ,  $U_{C_1} = U \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_2}}\right)$  и  $\frac{dU_{C_2}}{dt} = \frac{Ue^{-\frac{t_1}{T_2}}}{T_2}$  полный интеграл уравнения (11) имеет вид

$$U_{C_2} = a_0 e^{p_1 t} + b_0 e^{p_2 t} + b_2, \quad (15)$$

где

$$a_0 = \frac{U \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_2}}\right) p_2 - \frac{Ue^{-\frac{t_1}{T_2}}}{T_2}}{p_2 - p_1} - \frac{b_1 U}{p_1 (p_2 - p_1)}; \quad (16)$$

$$b_0 = \frac{\frac{Ue^{-\frac{t_1}{T_2}}}{T_2} - U \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T_2}}\right)}{p_2 - p_1} + \frac{b_1 U}{p_2 (p_2 - p_1)}; \quad (17)$$

$$b_2 = \frac{b_1 U}{p_2 - p_1} \left( \frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right). \quad (18)$$

В свою очередь

$$p_1 = -\frac{a}{2} + \sqrt{\frac{a^2}{4} - b}; \quad (19)$$

$$p_2 = -\frac{a}{2} - \sqrt{\frac{a^2}{4} - b}. \quad (20)$$

суть корни характеристического уравнения, соответствующего уравнению (11) без правой части.

Составляющая  $t_2$  может быть получена из следующего уравнения

$$\Delta U = U_{C_1} + U_{C_2} - U. \quad (21)$$

Подставляя в (21) значения  $U_{C_1}$ ,  $U_{C_2}$  из (15) и (9) и делая некоторые преобразования, получим трансцендентное уравнение вида

$$a_1 e^{p_1 t} + a_2 e^{p_2 t} = a_3, \quad (22)$$

где

$$a_1 = \frac{R_1}{R_2} a_0 + T_2^1 a_0 p_1; \quad (23)$$



$$a_2 = \frac{R_1}{R_2} b_0 + T_2' b_0 p_2; \quad (24)$$

$$a_3 = \frac{R_1}{R_2} (U - b_2) - \Delta U. \quad (25)$$

Здесь приведем лишь результат частного решения для случая, когда  $T_1 = T_2 = T$  и  $T_1' = T_2' = T_0$ .

Путем соответствующих математических выкладок можно показать, что для этого случая величина  $a_1 = 0$ , а  $t_2$  находится из выражения

$$t_2 = \frac{T_0 \cdot T}{T_0 + 2T} \ln \frac{\frac{T_0}{T_0 + 2T}}{\frac{T_0}{T_0 + 2T} - \frac{U_{\text{ср}}}{U}}. \quad (26)$$

Из формулы (26) видно, что при  $U_{\text{ср}} = 0$  величина  $t_2 = 0$ .

В общем случае, когда  $U_{\text{ср}} \neq 0$ , параметры схемы и чувствительность исполнительного элемента можно выбрать такими, чтобы для определенного времени  $t_c$  в данном диапазоне  $U$  выполнялось условие

$$U_{\text{ср}} \ll \Delta U_{\text{уст}} \ll U, \quad (27)$$

где  $\Delta U_{\text{уст}}$  — установившееся значение напряжения в диагонали моста.

Как видно из формулы (26),  $t_2$  весьма мало зависит от  $U$ .

С использованием ряда высокочувствительных исполнительных элементов (например, поляризованных реле) выполняется условие

$$t_3 \ll t_2 \ll t_1. \quad (28)$$

С учетом соотношений (27), (28) из формул (1), (5) и (26) следует, что в заданном диапазоне изменения  $U$  время срабатывания  $t_c$  практически не зависит от  $U$ . Этот факт вполне подтверждается лабораторными исследованиями схемы реле.

### Выводы

1. Схема импульсного суммирования (интегрирования) может обеспечить высокую точность преобразования замеренных геометрических параметров бревен в объем при широком диапазоне изменения напряжения питания  $U$ .

2. Схема автокубатурника может быть взята за основу конструктивной разработки средств учета для поперечных потоков древесины.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. М. Бонч-Бруевич. Применение электронных ламп в экспериментальной физике. ГИТТЛ, 1956. [2]. П. Л. Калатаров, Л. Р. Нейман. Теоретические основы электротехники. Госэнергоиздат, 1951. [3]. А. М. Киляков. Реле времени, а. с. № 121173, кл. 21 С, 6860, 1958. [4]. А. М. Киляков. Счетчик объема движущихся по лесотаске бревен, а. с. 124212, кл. 42 р, 550, 1959. [5]. Н. Е. Кобринский. Математические машины непрерывного действия. ГИТТЛ, 1954. [6]. Л. М. Пиотровский. Электрические машины. Госэнергоиздат, 1960. [7]. М. А. Савинов. Об улучшении работы лесоперевалочных предприятий. Сборник № 13 научно-технической информации по лесной промышленности, изд. ЦБТИ, 1961. [8]. А. А. Фельдбаум. Электрические системы автоматического регулирования. Оборонгиз, 1957.

Поступила в редакцию  
13 декабря 1962 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О ВЛИЯНИИ ТОКСИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ  
МАРГАНЦЕВО-КОЛЧЕДАНЫХ ШАХТ НА РАСТЕНИЯ

Ф. ПЕШЕК

Инженер

(Чехословацкая академия сельскохозяйственных наук)

В окрестностях марганцево-колчеданных шахт в Хвалетищах (Среднее Полабье) при промышленной обработке пирита в воздух улетучивается сернистый ангидрид, который повреждает сельскохозяйственные и лесные культуры, вызывая существенное снижение урожая в радиусе приблизительно 3—4 км.

Не менее опасна выделяющаяся из шахт марганцево-колчеданная пыль. Ее коллоидно-раздробленные частицы оседают на листьях, препятствуют свободному прохождению солнечных лучей к хлоропластам и тем снижают фотосинтез, а, следовательно, и урожай.

Пыль и сернистый ангидрид попадают также в воды р. Лабы при промывании руды. При половодье река затопляет луга, что приводит к повышению количества соединений серы в почве.

Проведенные нами исследования дали некоторые дополнительные данные о токсическом влиянии упомянутых продуктов шахт на растения.

Листовые устьица сильно забиваются марганцево-колчеданной пылью, особенно в окрестностях шахты радиусом 1 км. Больше всего страдают от этого травы.

На расстоянии 2 км от источника дымовых загрязнений фотосинтез растений снижается на 30—100%, на расстоянии 3 км — на 1—29%. Снижение урожая наблюдается на площади около 4,5 км<sup>2</sup>.

Самым эффективным средством ограничения ущерба, наносимого дымовыми газами, и предупреждения снижения урожаев является улавливание дыма при помощи технических сооружений непосредственно на промышленных предприятиях.

Поступила в редакцию  
25 февраля 1961 г.

## ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ

**Ф. В. КОКОВКИН**

Аспирант,

**С. С. ПЕТРОВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Уральский лесотехнический институт)

На лесовозных железных дорогах узкой колеи большое распространение имеют временные пути, проводимые от магистральных участков дороги к лесосекам и служащие для сбора срубленных деревьев с большой территории. Такие усы служат от двух месяцев до одного года, но общая протяженность их значительна. Например, на Урале на каждые 5—6 тыс. м<sup>3</sup> срубленной древесины приходится около 1 км рельсовых временных путей.

Для удешевления строительства эти пути прокладывают часто без предварительных технических изысканий, необходимых водоотводных сооружений и достаточно прочного земляного полотна. В результате они имеют малую прочность, вследствие чего скорость движения поездов не может быть более 5—6 км в час, и на них часты аварии. Все это ведет к увеличению себестоимости вывозки древесины.

Поэтому необходимо разработать новые методы сооружения временных рельсовых путей, которые дали бы возможность резко повысить их прочность без увеличения стоимости постройки.

Одним из возможных путей является использование местных материалов для балластировки. В тех лесозаготовительных предприятиях, где нет гравийных карьеров или шлаковых отвалов, следует использовать древесные отходы, лучше всего опилки с активными добавками в виде грунта и снега. Опыт применения в качестве балласта опилок со снегом и грунтом был проделан на Отрадновской лесовозной железной дороге комбината «Свердлес». В первом случае слой опилок толщиной 15—20 см насыпали непосредственно на земляное полотно дороги или на снежный покров и тщательно перемешивали с грунтом или снегом в пропорции от 1:1 до 1:2; из такой смеси устраивали балластную призму шириной по верху 1,8—3 м, высотой — 0,15—0,3 м, с откосами крутизной 1:1.

Перемешивание производили бульдозером. Недостающее количество грунта или снега подвигали со стороны в образовавшиеся впадины между волнами. Последующими проходами бульдозера гребни постепенно сравнивали (всего потребовалось 10—15 проходов машины). Таким образом достигался желаемый поперечный профиль пути.

Преимущества такого метода работы заключаются в том, что опилки удобно перемешивать с добавками непосредственно на месте, причем полностью обеспечивается уплотнение смеси.

Если опилки приходилось подвозить издали, то работы производили в следующем порядке: по уложенным на шпалы и скрепленным между собой рельсам в саморазгружающихся полувагонах подавали опилки и рассыпали по бровкам земляного полотна до концов шпал, где и перемешивали с добавками. Затем обычным путем подбивали шпалы кромом смеси толщиной не более 6 см за один раз. В этом случае наблюдалась трудность в смешивании опилок с добавками.

На заболоченных участках, при отсутствии на месте подходящего грунта, в легких условиях устраивали балластный слой из чистых опилок толщиной около 20 см, а на болотах такой слой укладывали на хворостяной подушке или по прогонам из дровяной древесины. Такими способами была построена дорога общей протяженностью

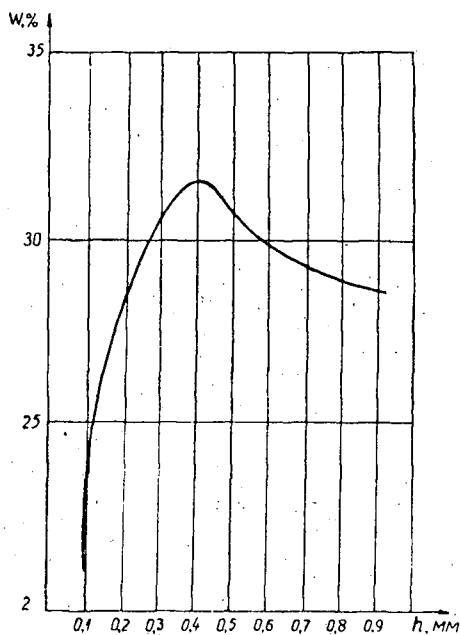


Рис. 1. Зависимость изменения влажности грунта  $W$  от глубины залегания грунтовых вод  $h$  при опилочном балласте.

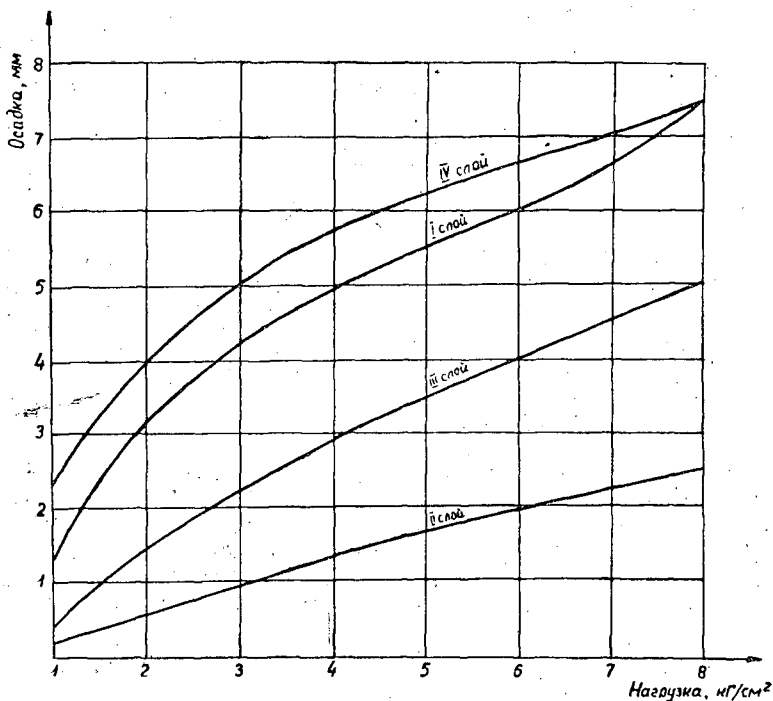


Рис. 2. Упругость опилок в балластной подушке по 10-сантиметровым горизонтам.

26 км. По ней двигались локомотивы (давление на ось 4 и 6,5 Т) со скоростями до 25 км/час.

Исследования вели лабораторным путем, а также в натуре. Лабораторным путем было установлено, что грунты в местах наблюдений приблизительно везде одинаковы: это тяжелые суглинки, характеризующиеся большим пределом текучести (31—50) и числом пластичности (около 26), причем влажность их до определенного предела (примерно до 0,4 м) возрастает пропорционально глубине, после чего начинает несколько уменьшаться. Характер изменения влажности  $W$  зависит от глубины залегания грунтовых вод  $h$  (рис. 1). Было установлено, что такая же закономерность сохраняется и для грунта под балластным слоем из древесных опилок; только верхний слой грунта в этом случае менее влажен за счет гигроскопичности опилок.

Упругие свойства балласта мы измеряли при помощи компрессионного прибора по 10-сантиметровым слоям (I слой поверхностный). Из рис. 2 можно видеть, что самым плотным и устойчивым является слой на глубине 10 см от плоскости нижней постели шпалы, менее плотным — на глубине 20 см. Верхний и на глубине примерно 30 см слой опилок получают значительные осадки, в 4—5 раз превышающие осадки на глубине 10 см. Отсюда следует, что на глубине 25—30 см и более усилия от движения поездов затухают, и слой опилок остается неуплотненным. Поэтому делать балластную призму толще этой величины нет надобности. Поверхностный слой мало уплотняется, очевидно, в силу вибрационных воздействий проходящих поездов.

В существующей литературе по данному вопросу высказывается мнение, что влажные опилки в зимнее время замерзают и теряют упругость. Лабораторные и полевые наблюдения в суровых климатических условиях Урала, однако, не подтвердили этого мнения.

Нами получены следующие данные.

1. Влажность балласта из опилок всегда значительно больше (в 10 раз), чем влажность верхнего слоя земляного полотна, что способствует осушению верха последнего. Кроме того, опилки, находясь во влажной среде, мало подвержены бактериологическим воздействиям и не опасны в пожарном отношении, что очень важно для дорог с паровозной тягой.

2. Малая теплопроводность древесных опилок позволяет сохранять устойчивость железнодорожного полотна в период весенней распутицы. Оттаивание грунта под слоем опилок (при толщине 15—20 см) идет настолько медленно, что влага не оказывает вредного влияния на путь.

Все это позволяет считать, что применение балласта из опилок на временных путях вполне оправдывает себя и может быть рекомендовано для широкого распространения.

Поступила в редакцию  
14 января 1963 г.

## К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ДЕРЕВЬЕВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА

С. Г. ШИЯТОВ

Аспирант

(Институт биологии УФАН СССР)

У деревьев, произрастающих в неблагоприятных почвенно-климатических условиях, определение возраста затруднено в связи с незначительным ежегодным приростом в высоту и по диаметру. С данным вопросом нам пришлось столкнуться при изучении возрастной структуры и прироста лиственничных древостоев (из *Larix sibirica* Ldb.) на верхней границе леса в горах Полярного Урала (массив Рай-Из). При этом оказалось, что обычные методы определения возраста деревьев (подсчет числа годичных колец на высоте пня или на шейке корня) в наших условиях зачастую непригодны, так как они приводят к большим ошибкам. В данной статье изложены некоторые соображения и практические рекомендации по определению возраста деревьев, могущие представить интерес для исследователей, работающих в горных и северных лесах.

В неблагоприятных для роста деревьев условиях очень важно сделать подсчет числа годичных колец на уровне шейки корня, то есть в том месте, где ствол переходит в корень у однолетнего всхода (см. рис. 1).

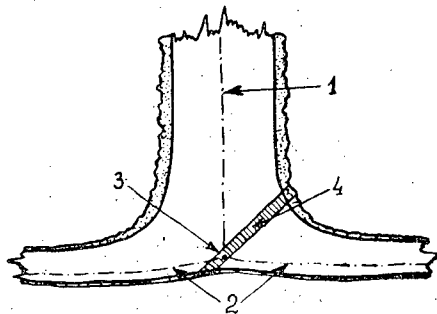


Рис. 1. Схема взятия среза для определения возраста дерева на шейке корня.

1 — сердцевина ствола; 2 — сердцевины боковых корней; 3 — шейка корня; 4 — место взятия среза.

Произведенные нами подсчеты числа годичных колец у деревьев на верхней границе леса показали, что в условиях, наиболее благоприятных для роста лиственницы (лиственничники травяные), разница в количестве колец на шейке корня и на высоте 25 см составляет в среднем 10—15 лет; в лиственничниках-зеленомошниках и сфагновых — до 20—30 лет, иногда до 90.

Чтобы найти шейку корня, сначала производили выкорчевку дерева, после чего пилой делали срез поперек лапы корня в направлении предполагаемого ее нахождения (рис. 1). Обычно она находится в самой нижней части основания ствола, где сходятся сердцевина ствола и боковых корней. После первого пробного среза уже нетрудно определить местонахождение шейки корня и в соответствующем месте выпилить кружок древесины. Однако, делая срезы, мы не всегда можем точно попасть

на шейку корня, в связи с чем ошибка в определении истинного возраста дерева может достигать 2—3 лет. Такая точность вполне достаточна. В полевых условиях подсчет годичных колец производить нецелесообразно, так как затрачивается много времени и требуются увеличительные приборы. Поэтому лучше в поле выпилить кружки древесины, а дальнейшую обработку производить в лабораторных условиях.

На верхней границе леса выпадение годичных колец у лиственницы — явление довольно широко распространенное. В той или другой степени оно наблюдается у большей части деревьев. Годичные кольца чаще всего выпадают с наветренной стороны и в нижней части ствола, особенно на уровне шейки корня. Оказалось, что такие деревья приурочены в основном к местообитаниям, где зимой скапливается очень много снега (до 3—4 м), а почвы холодные. Мы обратили внимание на то, что камбиальный слой возобновляет свою деятельность в разных частях ствола неодновременно. Раньше всего камбий начинает откладывать новый слой древесины в верхней части ствола, которая быстрее прогревается до нужной температуры теплым воздухом и солнечной радиацией. В основании ствола прирост древесины иногда начинается месяцем позже, когда сойдет снег и прогреется почва. Снег в местах больших скоплений сходит в теплое лето лишь к середине июля, а почва прогревается еще позже. В начале августа уже возможны значительные похолодания с выпадением снега. В годы с коротким и холодным летом камбий не успевает отложить слой древесины в нижней части ствола, то есть годичное кольцо выпадает. В условиях севера недостаток тепла является главной причиной выпадения колец.

Как же обнаружить выпавшее кольцо? В первую очередь, необходимо просматривать по всей окружности среза все сомнительные и тонкие кольца. Подсчет лучше вести в том направлении, где кольца имеют наибольшую ширину. В том случае, если кольцо исчезло по всей окружности среза, то для его выявления необходимо просмотреть срезы, взятые с различной высоты ствола. Для деревьев, произрастающих на верхнем климатическом пределе леса, характерна очень сильная изменчивость ширины годичных колец, что связано с метеорологическими условиями. Этот специфический и неповторимый характер изменения ширины годичных колец во времени (рис. 2), связанный с изменением климатических условий то в сторону похолодания, то в сторону потепления, позволяет довольно легко обнаружить выпавшее кольцо.

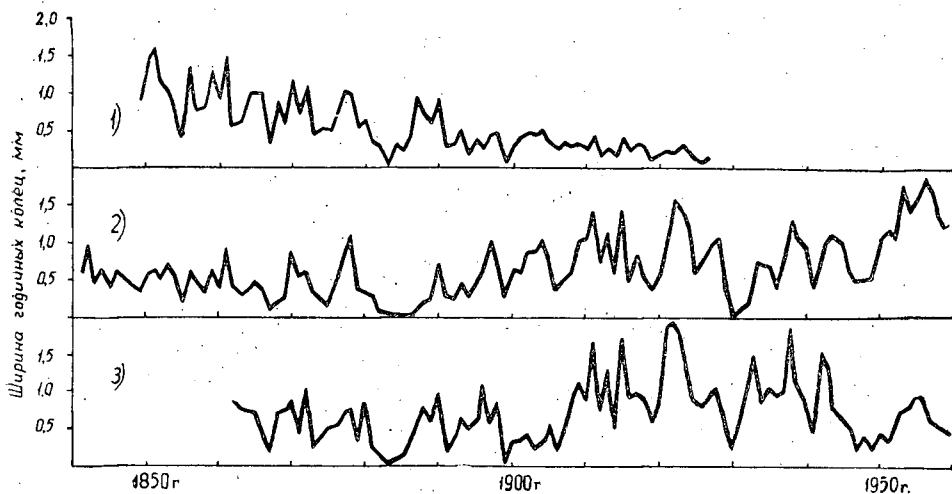


Рис. 2. График изменения ширины годичных колец усохшего (1) и живых (2, 3) деревьев.

Довольно часто встречаются срезы, у которых в отдельные периоды ряд следующих друг за другом колец образуют сплошную массу. Иногда гниль уничтожает кольца на некотором участке среза. В этом случае на помощь приходят участки, где кольца хорошо различимы. Используя их, можно точно определить возраст дерева или среза, основываясь на упомянутом неповторимом характере изменения ширины годичных колец во времени. Важно лишь, чтобы сохранились или были различимы кольца в центре среза. Их следует сопоставлять со срезами, на которых кольца четко отделены друг от друга.

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

## О ПОСЛЕДНЕМ ИЗДАНИИ КНИГИ М. БЮСГЕНА\*

В первый раз рецензируемая книга была издана в 1897 г. и переведена на русский язык в 1906 г. После этого она издавалась еще дважды — в 1917 и в 1921 гг. Третье издание было подготовлено к печати проф. Е. Мюнхом, который в предисловии писал, что книга должна сообщать лесоводу о результатах ботанических исследований, а ботаникам — новейшие лесоводственно-ботанические данные.

Действительно, эта книга — одна из очень немногих, которые соответствуют таким высоким требованиям. Хотя с момента первого ее издания прошло 65 лет, она до настоящего времени представляет большую ценность.

Остановимся на содержании книги. Глава первая называется «Внешний вид дерева». Однако фактическое содержание ее гораздо богаче. В ней не только описываются причины, обуславливающие внешний вид дерева, но и подробно рассматривается рост в высоту, приводятся оригинальные графики роста главнейших хвойных и лиственных пород в первые десять лет жизни и т. д. Особый интерес представляет выделение двух групп деревьев по характеру развития годовичного побега.

В главе второй дано описание строения почек, почечных чешуй, процесса закладки и развития почек, их покоя и распускания. Очень подробно охарактеризованы спящие почки и воляные побеги, адвентивные почки и побеги, причины и значение образования превентивных и адвентивных побегов. В заключении главы дается характеристика почек некоторых древесных пород.

Глава третья «Свойства и жизнедеятельность образовательной ткани дерева» начинается описанием строения клетки. Даны рисунки молодой и взрослой клетки, подробно описан процесс ее роста. Несколько непонятным является описа-

ние протоплазмы как полупроницаемой перепонки. Известно, что протоплазма состоит из трех слоев: наружного, прилегающего к оболочке, — плазмалеммы, среднего — мезоплазмы и внутреннего, прилегающего к вакуоле, — тонoplastа. Наибольшую проницаемость имеет мезоплазма, а наименьшую — тонoplast, состоящий из двойного слоя липоидов. В книге ничего не говорится не только о различной проницаемости этих трех слоев, но и вообще об их существовании.

Удивительно, что, говоря об осмотических свойствах клетки, автор нигде не упоминает о плазмоллизе, даже там, где доказывается, что полупроницаемостью обладает лишь живая протоплазма.

Остальные данные этой главы не потеряли своего значения и до наших дней. Особенно хорошо описана деятельность камбия.

В главе четвертой «Элементы древесины» прежде всего подробно рассматривается процесс одревеснения. Описываются реактивы для окрашивания древесины и для определения степени одревеснения. Очень полезны сведения о фактическом содержании лигнина в древесине различных пород. Описано даже действие древесины некоторых древесных пород на фотоластинку, что важно учитывать при микрофотографировании.

Рассматриваются живые элементы древесины, причем не только с анатомической, но и с физиологической точки зрения.

В виде таблицы, удобной для пользования, дана классификация всех элементов древесины по их форме и выполняемой функции. Подробно описано образование ядра. В заключении главы дается таблица внешних признаков важнейших древесных пород.

В главе пятой «Древесная кора» дается подробная характеристика луба и его основного элемента — ситовидных трубок. Приводятся редкие в литературе данные о клетках Страсбургера — краевых клетках сердцевинных лучей, богатых плазмой и белками, заменяющих отсутствующие у хвойных сопровождаю-

\* М. Бюсген. Строение и жизнь наших лесных деревьев. Гослесбуиздат, М., 1961, перевод С. М. Зепалова, под ред. проф. Г. Р. Эйтингена и ученого лесовода Н. А. Юрре.



щие клетки. Так же редко встречаются в литературе сведения о наличии неправильно расположенных групп каменных клеток в первичной коре еловых (кроме сосны), ясеня, сирени испанской и бирючины.

Описываются наружная кора и кожица, пробка и корка. На рис. 76, где изображена пробка молодого побега ясеня, допущена ошибка. Там написано, что клетки феллогена отделены друг от друга клетками пробки. Это не соответствует действительности, так как клетки феллогена сами образуют пробку (наружу) и феллодерму (внутри). Вообще рис. 76 неудачен.

Хорошо показан процесс смолы выделения и особенности строения смолоносной системы у различных хвойных деревьев. В заключение описывается строение и роль чечевичек.

Глава шестая «Годичное кольцо» начинается общим обзором, в котором описаны причины образования годичных колец, ширина одних и тех же годичных слоев в различных частях дерева по высоте, ширина годичного кольца у отдельных древесных пород и т. д. Далее показаны зависимость ширины годичного кольца от питания, ростовая возбудимость, рассматривается форма ствола, эксцентricность, красная древесина.

Заканчивается глава разделом «Причины образования годичного кольца», в которой рассматриваются различные теории его образования; но в заключение, однако, совершенно неожиданно предлагается отказаться от терминов: «весенняя древесина», «осенняя древесина», «поздняя древесина», а применить вместо них термины: «широкая древесина» и «узкая древесина», освобождаясь этим от признания каких-либо ведущих факторов образования годичного кольца, которые, по словам автора, «необходимо еще детально изучить».

В главе седьмой «Анатомические основы технических свойств древесины» рассматриваются прочность, эластичность, вязкость, твердость, объемный вес и сохранение формы как показатели качества для различных случаев применения древесины. Показаны особенности анатомического строения, обеспечивающие ее различные технические качества. Очень полезны данные об объемном весе древесины главнейших пород в воздушно-сухом и абсолютно-сухом состоянии, а также шкала твердости древесины различных пород.

Глава восьмая «Листья» — одна из наибольших по объему. Кроме общего обзора, описания величины и формы листьев, анатомического строения листьев и хвои, в ней подробно рассматривается фотосинтез и зависимость его от внешних условий. Дается характеристика хлорофилла. Очень важны для лесоводов

сведения о потребности растений в свете, о соотношении ассимиляции и дыхания и т. д., так как они в значительной степени определяют продуктивность насаждений.

Чрезвычайно полезны также данные о световом режиме леса: количестве света, которое задерживается кронами разных пород, коэффициенте затенения в зависимости от степени прореживания насаждений при разном числе деревьев на 1 га, количестве света, которое пропускается кронами разных пород, и др.

К сожалению, в главе есть явно устаревшие положения и неточности, требующие серьезной редакционной переработки в свете современных представлений. Например, формула хлорофилла дана в таком виде, в каком она уже давно нигде не дается. Между тем, в настоящее время вопрос о химизме хлорофилла настолько ясен, что стало возможным получать его искусственно.

То же можно сказать и об описании химизма фотосинтеза. В книге приводится лишь формальдегидная теория Байера почти столетней давности (1870 г.). Ничего не сказано не только о работах А. П. Виноградова и Р. В. Тейс (1942—1947 гг.), но и о более ранних работах немецкого ученого Р. Вильштеттера (1918—1932 гг.). Безусловно, в редакционных примечаниях следовало сказать об этих работах хотя бы несколько слов.

На стр. 246 в разделе «Ассимиляция и свет» сказано, что источником энергии для ассимиляции углекислоты являются солнечные лучи. И тут же говорится: «Только зародыши хвойных зеленеют в темноте». Во-первых, речь здесь идет, очевидно, не о зародышах, а о проростках хвойных. Во-вторых, здесь спутаны два понятия: образование хлорофилла и ассимиляция углекислоты. Если говорить об образовании хлорофилла, то у проростков хвойных (и заростков папоротников), в отличие от всех остальных зеленых растений, хлорофилл действительно может образоваться в темноте. Но для ассимиляции абсолютно всем зеленым растениям, в том числе и проросткам хвойных, совершенно необходим свет.

В этой же главе (стр. 247) сказано о том, что зеленые лучи наиболее сильно поглощаются листом. Это абсолютно неверно. Как известно, зеленые лучи, наоборот, сильнее всех других лучей отражаются листом, чем и обуславливается его зеленая окраска.

В главе девятой «Корень» дается описание морфологических особенностей строения корневых систем различных древесных пород, анатомическое строение корня, работа корневой системы, «плач» растений, рост корней в длину и толщину. Приводятся сведения о микоризе и азотособирающих клубеньках на корнях бобовых, ольхи, лоха и др.

Глава десятая «Водный режим дерева» содержит данные о потреблении воды, содержании ее в дереве и передвижении.

В главе одиннадцатой «Минеральные питательные вещества» рассматривается вопрос о времени усвоения минеральных веществ различными древесными породами, содержании их в листьях, коре, древесине и роли каждого элемента в жизни растений. Отдельно рассматривается вопрос об азотистом питании. Понятно, какое большое значение имеют эти сведения для лесоводов, в особенности тех, которые занимаются выращиванием семян и саженцев.

Глава двенадцатая «Передвижение и преобразование веществ в дереве» начинается разделом, в котором рассматривается древесный ствол как хранилище запасных питательных веществ. Приводятся данные о фактическом содержании углеводов и жиров у разных пород, а также график, показывающий содержание крахмала, сахара, жира и белковых веществ в ветвях бука в течение года при различных температурах. Подробно рассматривается нисходящий поток веществ и их круговорот.

Глава тринадцатая «Цветки, плоды, всходы» является хорошим пособием по морфологии и систематике растений для лесоводов. В ней рассматривается размножение сначала высших споровых растений (на примере плаунов и хвощей), затем голоосеменных и, наконец, покрытосеменных. Затем описывается прорастание семян и рост всходов.

В главе четырнадцатой описываются местные расы (экотипы) главнейших древесных пород (сосны, ели и др.).

Следует отдельно сказать о серьезных ошибках, допущенных при редактировании книги и переводе, тем более, что в журнале «Лесное хозяйство» (№ 3, 1962) помещена редакционная статья по поводу выхода этой книги, где сказано, что «материалы книги изложены хорошим литературным языком, в чем, несомненно, большая заслуга переводчика и редакторов этого труда» и что «книга М. Бюсгена — хороший подарок лесоводам нашей страны». О недостатках не сказано ни слова. Но на стр. 53 читаем: «Раздражение освобождает только силы, которые уже заложены во внутреннем механизме живой материи. Когда сила тяжести действует на наклоненное дерево, то оно изгибает ствол по направлению вверх, а главный корень — вниз. Это процесс, который мог бы быть выполнен так же и соответствующим механизмом. Поэтому было бы ошибочным считать, что раздражение является основной характеристикой чертой живого организма». (Подчеркнуто нами. А. Т.).

Процессы раздражимости, происходящие в живых организмах, мало отличаются от соответствующих процессов в неживой природе».

Но ведь это же чистая метафизика! Каждый студент и даже школьник старших классов знает, что раздражимость есть способность воспринимать воздействия внешней среды и специфически реагировать на них и что раздражимость как раз и является одним из основных свойств живого организма, отличающих его от неживых тел. Как же можно было оставить такой абзац без редакционного примечания?

На стр. 98 первый абзац гласит: «Ткани молодого сформировавшегося побега состоят из сердцевины (древесины), камбия (луба) и внешней коры (кожицы)». Такую фразу невозможно даже понять. Как можно путать такие понятия, как древесина и сердцевина, луб и камбий?

Далее на этой же странице сказано: «Лубом называются только твердые толстостенные лубяные волокна, одетые кожицей». Это тоже совершенно неверно. Куда же в таком случае отнести основной элемент луба — ситовидные трубки, а также лубяную паренхиму и сердцевинные лучи луба? И потом, что это за новый анатомический термин: «лубяные волокна, одетые кожицей»? Такого не найдешь ни в одном учебнике анатомии растений.

Из текста книги неясно, где образуется ядро у сосны, как происходит образование тиллов; вместо известного анатомического термина «древеснеет» употребляется неудобное для произношения слово «одеревеневает».

В итоге следует сказать, что книга М. Бюсгена содержит очень много сведений, нужных лесоводам всех отраслей. Большинство этих сведений не устарело и до сегодняшнего дня. Но при переиздании таких книг, да еще с иностранных подлинников, редакторам и переводчикам нужно стремиться как можно точнее передать мысль автора и не допускать таких искажений, какие приведены нами в качестве примеров. Явно устаревшие положения нужно либо опустить совсем, либо дать к ним соответствующие примечания и поправки в свете современных представлений. Надо учесть это при последующих переизданиях книги, а переиздать ее надо, ибо тираж 1000 экземпляров совершенно недостаточен для огромной армии лесоводов.

**А. Д. Тарабрин.**

*Доцент, кандидат биологических наук.*

(Московский лесотехнический институт).

## ЦЕННАЯ РАБОТА О СТРОЕНИИ И РАЗВИТИИ СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Одной из важнейших задач лесной таксации является изучение строения естественных и искусственных насаждений и характеристика закономерностей их роста и развития с помощью математических понятий. Эту задачу в первом приближении можно считать решенной для однопородных и разновозрастных («нормальных») насаждений, общая теория строения которых создана трудами многих ученых. Однако гораздо чаще в практической деятельности лесовод имеет дело со смешанными насаждениями, разновозрастными или разновозрастными, строение, рост и развитие которых не укладываются в классические схемы лесной таксации. Поэтому большой интерес представляет книга К. К. Высоцкого\* о закономерностях строения смешанных разновозрастных древостоев, которая является в нашей отечественной литературе, пожалуй, первой попыткой осветить эту проблему в целом с широких теоретических позиций и вполне конкретно. Книга состоит из восьми глав, объединенных в три раздела: статика древостоя, динамика древостоя и принципы классификации деревьев и древостоев.

В первой главе обосновывается значение таксационных показателей для познания закономерностей жизни леса и его научной классификации. Развивая известные высказывания Н. В. Третякова и других видных лесоводов, К. К. Высоцкий считает, что классификация типов древостоя по таксационным признакам тесно связана с классификацией типов леса и лесорастительных условий, а разработка первой безусловно необходима для совершенствования второй. Свое заключение К. К. Высоцкий конкретизирует на примере тульских заповедников, показывая, как с помощью таксационного метода можно разобраться в типологическом разнообразии сложного массива смешанных лесов. При этом автору удалось установить некоторые, ранее не ясные, закономерности расселе-

ния лесобразующих пород и глубже вскрыть взаимосвязи между типами леса и лесорастительными условиями.

Особая глава посвящена методам анализа строения смешанных древостоев. В ней центральное место занимает критика универсальных редукционных чисел Шиффеля. К. К. Высоцкий убедительно показывает, что неизменность этих чисел для всех пород и лесорастительных условий является чрезмерной абстракцией, не наблюдаемой в природе. Применяя особую методику распределения деревьев по классам стволов, автор вычислил ряды конкретных редукционных чисел, меняющихся в зависимости от различий лесорастительной среды и от породы. В этой же главе К. К. Высоцкий обосновал применение предлагаемого им нового таксационного показателя — относительной высоты по площади сечения ( $h:g$ ). Показатель К. К. Высоцкого хорошо отражает рост и развитие насаждений и точнее известного показателя Медведева ( $h:d$ ) характеризует их связь со средой. Его величина обратно пропорциональна качеству лесорастительных условий. Как ясно видно в следующей главе, с помощью показателя  $h:g$  можно измерить и объективно оценить межвидовые отношения древесных пород, судить о «напряженности» их роста и определять «степень устойчивости» смешанных древостоев». Для этого предложено несколько новых взаимозависимых таксационных показателей, позволяющих сравнивать между собой смешанные насаждения.

Во втором разделе обсуждаются некоторые вопросы динамики древостоя. К. К. Высоцкий показывает, что обычные статистические методы недостаточны для достоверной оценки различий между насаждениями по росту и развитию, так как разница в средних величинах у сравниваемых рядов таксационных признаков обычно настолько варьирует, что перекрывается высокими показателями средних ошибок. Возникающие затруднения устраняемы, если применить парный метод акад. П. Н. Константинова, разработанный для оценки результатов полевых опытов в агрономии.

\* К. К. Высоцкий. Закономерности строения смешанных древостоев. Гослесбумиздат, М., 1962.

В результате обработки этим методом большой серии (более 1500) статистических рядов таксационных признаков К. К. Высоцкий пришел к выводам, представляющим большой интерес. Суть их сводится к следующему. Закономерности строения и роста смешанного древостоя определяются межвидовыми отношениями пород, которые складываются на фоне конкретных почвенно-грунтовых и прочих лесорастительных условий. Межвидовые отношения меняются с возрастом так же, как их роль в разные периоды развития древостоя. Таксационные показатели в молодых насаждениях в большей мере отражают изменчивый ход межвидовых отношений пород, а в спелых — лесорастительных условий. В строении спелых насаждений «отпечатались» все особенности прошедших этапов межвидовых отношений сопутствующих пород с лесообразующей и весь комплекс лесорастительных условий, меняющихся за период формирования древостоя. Надо заметить, что некоторые из положений К. К. Высоцкого высказывали ранее другие исследователи смешанных лесов, но обычно на основании логических соображений и сопоставления данных, полученных описательными методами. У К. К. Высоцкого они даны как результат обработки статистических рядов измерений.

В заключительном разделе излагаются принципы построения объективной классификации деревьев и целых древостоев. Существующие классификации К. К. Высоцкий справедливо считает субъективными и имеющими ограниченную сферу применения, поскольку они не дают возможности вычислять показатели роста деревьев и насаждений. Основным принципом предлагаемой классификации является расчленение древостоев на классы стволов по одинаковому их местоположению в насаждении при использовании упомянутого комплексного показателя  $h : g$ . С его помощью древостой делится по степени роста на медленно и быстрорастущие части, граница между которыми регулируется правилом Вейзе. Каждая из этих частей (классов), в свою очередь, может быть разделена далее, в соответствии с тем же правилом, и охарактеризована определенными средними данными, связанными с показателями генеральной средней (для всего древостоя). Для практических целей рекомендуется применять 4 класса. Классификационное положение каждого дерева, помимо местоположения в древостое, определяется степенью роста, здоровьем и хозяйственной оценкой ствола.

Анализируя изменение древостоев во времени, К. К. Высоцкий показывает, что классы бонитета не отражают естественного хода изменения древостоев в связи с особенностями среды. Показатель  $h : g$  более достоверно и тонко пе-

редает эти связи и вполне пригоден для классификации смешанных древостоев по типам развития. Последние характеризуются параметрами кривой изменения  $h : g$  господствующей породы. Установленные таким путем некоторые типы развития древостоев (такие Тульских зазасек и б. Крымского заповедника позволили объективно подойти к определению типов леса этих массивов. К. К. Высоцкий считает, что по типу развития древостоя (или просто типу древостоя) можно «определять тип леса».

Из приведенного неполного перечисления основных положений книги К. К. Высоцкого видно, что в ней охвачен очень широкий круг вопросов, по которым даны оригинальные решения, в том числе методологического характера. Особую ценность ей придает последовательный динамический подход к изучению древостоев, стремление познать и количественно оценить изменение (во времени) взаимосвязей между таксационными признаками и лесорастительными условиями. Новые таксационные показатели и методические приемы анализа таксационных признаков, предлагаемые К. К. Высоцким, расширяют возможности объективной оценки роли межвидовых отношений древесных пород в смешанных лесах и познания закономерностей их развития. Работа вносит новую струю в разработку теории строения древостоев, открывая новые пути к построению науки о морфологии и динамике древостоев всех типов, включая разновозрастные. Несомненен и практический интерес многих выводов и рекомендаций К. К. Высоцкого для лесоустройства, лесокультурного дела, рубок ухода и других разделов лесного хозяйства.

Конечно, в работе имеются недостатки, а некоторые соображения автора, очевидно, в дальнейшем потребуют уточнения. По-видимому, несколько преувеличена универсальность показателя  $h : g$  для вскрытия закономерного развития древостоев, переоценена приложимость правила Вейзе к смешанным насаждениям, преждевременно отвергается класс бонитета как классификационный признак. Недостатком является то, что К. К. Высоцкий не осветил состояния рассматриваемых им вопросов в зарубежном лесоводстве и не дал полной характеристики истории их разработки в нашей стране. Но это не снижает большого научного значения книги. С ней должен ознакомиться каждый лесовод, интересующийся вопросами строения развития и классификации древостоев.

**Б. П. Колесников.**

*Профессор, доктор биологических наук.*

(Институт биологии УФАН СССР).

ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕИ

проф. ПЕТРА ВАСИЛЬЕВИЧА ВОРОПАНОВА

20 августа 1962 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, проф. Брянского технологического института Петра Васильевича Воропанова — крупного ученого в области лесной таксации, лесоустройства и лесоводства.

После окончания Ленинградского лесного института в 1924 г. П. В. Воропанов был назначен районным лесничим Парголовского учебно-опытного лесничества, где проработал шесть лет, одновременно, проводя практические занятия по лесной таксации и лесоустройству в Лесотехнической академии.

В 1930 г. по окончании сверхштатной аспирантуры в ЛТА при кафедре лесоустройства он был направлен на работу доцентом в Казанский институт сельского хозяйства и лесоводства. В выделившемся Казанском лесотехническом институте, работая доцентом на кафедре лесной таксации и лесоустройства, он одновременно исполнял обязанности декана факультета водного транспорта леса, а с 1931 г. был назначен заместителем директора по учебной работе. В 1932 г. решением правительства Казанский лесотехнический институт был переведен в Йошкар-Олу и переименован в Поволжский лесотехнический институт им. М. Горького. Работая в нем заместителем директора по учебной и научной работе, П. В. Воропанов одновременно заведовал кафедрой лесной таксации, и лесоустройства.

В 1934 г. приказом Наркомлеса СССР он был направлен в Архангельский лесотехнический институт им. В. В. Куйбышева заместителем директора по учебно-

научной работе с исполнением обязанностей профессора по курсу лесной таксации.

С 1939 г. П. В. Воропанов был заместителем директора по научно-учебной работе в Воронежском лесотехническом институте, где в 1940 г. защитил диссертацию на ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук.

С начала Великой Отечественной войны Петр Васильевич руководил эвакуацией Воронежского лесотехнического института в Татарскую АССР, где, несмотря на все трудности военного времени, институт продолжал работу и готовил кадры для лесной промышленности и лесного хозяйства.

В 1943 г. Петр Васильевич был вновь переведен в Поволжский лесотехнический институт им. М. Горького на должность директора по научно-учебной работе, с за-

ведованием кафедрой лесной таксации, где в 1950 г. защитил диссертацию на ученую степень доктора сельскохозяйственных наук, а решением ВАК от 15 ноября 1952 г. был утвержден в ученом звании профессора по кафедре лесной таксации.

В 1955 г. он был избран по конкурсу заведующим кафедрой лесной таксации Брянского лесотехнического (ныне технологического) института, в котором работает до настоящего времени.

За время своей научной деятельности П. В. Воропанов опубликовал 47 научных работ и статей, в том числе шесть крупных монографий, имеющих большое теоретическое и практическое значение.

Научная работа П. В. Воропанова дает теоретическое обоснование лесохозяйственных мероприятий, направлена



на их улучшение и практическое внедрение полученных результатов. Вся она связана с разработкой следующих проблем, в изучении которых заинтересованы лесохозяйственные организации: 1) рациональные лесоводственные рубки главного пользования; 2) разработка метода проведения рубок ухода; 3) физиологическое обоснование рациональных лесоводственных рубок; 4) строение насаждений и классификация деревьев в лесу; 5) теория прироста и техника его определения.

П. В. Воропанов является соавтором предложения об организации в СССР лесного хозяйства по участковому методу. Это предложение зарегистрировано в Государственном Комитете по изобретательству при Совете Министров СССР и должно найти широкое применение.

Творческая научная работа П. В. Воропанова в области наук, смежных с лесной таксацией, позволила ему создать особое биологическое направление, возглавляемое им в лесной таксации.

Работы П. В. Воропанова высоко оцениваются научной общественностью и производственниками и являются предметом особого интереса в лесных учебных заведениях и исследовательских учреждениях Германской Демократической Республики и Чехословацкой Социалистической Республики.

Научные исследования Петр Васильевич совмещает с большой педагогической работой в лесных вузах, является высококвалифицированным педагогом, обеспечивающим высокий научно-технический уровень учебного процесса, умело передает свои знания и накопленный опыт многочисленным слушателям и заслуженно пользуется большим авторитетом среди своих учеников.

В настоящее время П. В. Воропанов подготовил к печати и издал первую часть трехтомного учебного пособия — «Лекции по лесной таксации», общим объемом 49 печатных листов.

Со времени утверждения аспирантуры в Брянском технологическом институте

П. В. Воропанов ведет также успешную подготовку молодых научных кадров.

В порядке оказания помощи производству П. В. Воропанов принимал непосредственное участие в подготовке и выпуске ряда справочников для работников лесной промышленности и лесного хозяйства.

П. В. Воропанов постоянно выполнял и выполняет большую общественную работу. Он является постоянным участником всех конференций и совещаний, посвященных изучению вопросов, связанных с повышением продуктивности лесов Советского Союза. Он состоит членом научно-технического Совета Главлесхоза при Совете Министров РСФСР, членом технического Совета Всесоюзного объединения «Леспроект», членом координационных советов по лесным проблемам Министерства сельского хозяйства СССР и Главного Комитета по координации научно-исследовательской работы при Совете Министров СССР.

Советское правительство высоко оценило плодотворную научно-педагогическую и общественную деятельность проф. П. В. Воропанова, наградив его двумя орденами «Знак почета» и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Проф. П. В. Воропанов находится в расцвете творческих сил. Вся его научно-исследовательская работа глубоко партийна, связана с производством и направлена на решение лесохозяйственных проблем в целях оказания помощи лесному хозяйству.

Мы, бывшие ученики Петра Васильевича, желаем славному юбиляру многих лет жизни и плодотворной работы в области дальнейшего развития лесной науки и подготовки инженерных и научных кадров на благо нашей великой Родины.

Е. Сысоев.

*Кандидат сельскохозяйственных наук*

Д. Бергер.

*Инженер.*

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. Л. Дворецкий. О показателях среднего дерева древостоя . . . . .	3
Ф. Симанчик, И. Томашко. Круговые питомники в интенсивном лесном хозяйстве . . . . .	10
И. И. Минкевич. Роль сапрофитной фазы развития <i>Ophiostoma roboris</i> С. Georgescu, I. Teodori в распространении сосудистого микоза дуба . . . . .	16
И. И. Левицкий. Строение по диаметру сложных разновозрастных елово-пихтовых древостоев в Башкирии . . . . .	19
К. А. Лашкевич. Гнездовая посадка сосны на донских лесках . . . . .	22
Ю. М. Рудейко. Анализ предложения проф. Н. П. Анучина по определению прироста насаждения . . . . .	26
Ю. Н. Азиев. О влиянии многолетнего люпина на плодоношение сосны обыкновенной . . . . .	30
В. П. Григорьев. К вопросу об агротехнике культур в сосняке вересковым. (А1) . . . . .	34
Г. Е. Комиц. К вопросу о типах возрастной структуры насаждений . . . . .	37
Н. М. Глазов. К методике определения средних коэффициентов формы стволов деревьев для совокупностей насаждений . . . . .	43
А. И. Савченко. О физиологии созревания и прорастания семян ясеня обыкновенного . . . . .	46
М. Т. Смирнов. Особенности таксации искусственных сосновых молодняков . . . . .	50

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

Б. И. Кувалдин, Г. П. Егоров. Вопросы механизации укладки и перекладки стрелочных переводов на лесовозных узкоколейных железных дорогах . . . . .	54
В. Е. Печенкин, З. Н. Дружина, Л. В. Иванов, С. Ф. Киркин, Д. И. Кодочигов. Разработка способа подачи деревьев к роторным сучкорезным станкам двумя тележками . . . . .	60
Ф. Е. Захаренков. Аналитический способ расчета максимального сопротивления резанию при силовом методе обрезки сучьев . . . . .	68
В. А. Махов. Скольжение стального каната на шкивах и блоках . . . . .	77
Г. И. Малышев, А. Т. Черкозянов. Экономическая эффективность малолопного оптического теодолита (ТОМ) по сравнению с теодолитом ТТ-50 . . . . .	89
Н. А. Гайдар. О влиянии грузов на величину ударных нагрузок при соударениях лесовозных вагонов . . . . .	92
Л. П. Чебота. Влияние на подпорную стенку сосредоточенной силы, приложенной на поверхности грунта . . . . .	99

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Т. А. Носовский. Влияние затупления дереворежущих инструментов на усилие резания с учетом направления волокон и породы . . . . .	102
Е. М. Боровиков. Опытная установка для исследования процесса рамного пиления . . . . .	107
Е. А. Ицкович. Направление напряжений в древесине при внедрении в нее реза . . . . .	114

И. И. Трубников. Измерение напряжений в полотне ленточной пилы методом проволоочной тензометрии . . . . .	119
Э. П. Лицман. Исследование процесса резания древесины с толстой стружкой элементарным резцом . . . . .	122

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Ф. А. Медников, Е. В. Ушкова. К вопросу о содержании абиетиновой кислоты в разных видах смолистых веществ . . . . .	134
Н. В. Чалов, Е. Ф. Горячих. Механохимическая деструкция полисахаридов в присутствии серной кислоты. Сообщение 3. К вопросу о минимально возможном удельном расходе серной кислоты . . . . .	137
Б. С. Филиппов, А. Е. Соснин. О качестве канифоли, полученной из ствольного осмола . . . . .	145
М. В. Пучков. Опыт исследования выхода ликвидной сосновой и еловой лапки при лесоразработках . . . . .	149

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. М. Киляков. Импульсный суммирующий автокубатурник для поперечных потоков древесины . . . . .	153
---	-----

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Ф. Пешек. О влиянии токсических продуктов марганцево-колчеданных шахт на растения . . . . .	162
Ф. В. Коковкин, С. С. Петров. Применение древесных опилок на строительстве лесовозных рельсовых путей . . . . .	163
С. Г. Шиятов. К методике определения возраста деревьев, произрастающих на верхней границе леса . . . . .	166

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

А. Д. Тарабрин. О последнем издании книги М. Бюсгена . . . . .	168
Б. П. Колесников. Ценная работа о строении и развитии смешанных древостоев . . . . .	171

### ЮБИЛЕИ

Е. Сысоев, Д. Бергер. Юбилей проф. Петра Васильевича Воропансва . . . . .	173
---	-----

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3 (Год издания шестой)

Слан в набор 28/IV-1963 г. Подписан к печати 16/VII-1963 г. Форм. бум. 70x108/16. Физич. л. 11. Печ. л: 15,07 + 2 вклейки. Уч.-изд. л. 14,78. Тираж 1700 экз. Сл. 00626. Заказ № 75. Цена 1 руб.

Типография им. Склянина. г. Архангельск, набережная В. И. Ленина, 86.



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений. Могут быть приняты также статьи сотрудников научно-исследовательских учреждений (с разрешения их руководства) и от отдельных работников науки и производства. Журнал может напечатать присланную работу только при наличии письменного предварительного согласия автора на опубликование его статьи без выплаты авторского гонорара.

Статьи, представляемые в журнал, как правило, не должны превышать 8—10 страниц машинописного текста. Некоторые, наиболее ценные статьи, могут быть опубликованы по решению редакционной коллегии и при большем объеме — до 16 страниц. Статьи библиографического характера не должны быть более 3 страниц. В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание схожих по начертанию букв: *h* и *n*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *u* и *a*, *o* и *a*, *I* и *j*, *z* и *ξ*.

Для отличия от буквы *O* ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы должны быть обведены красным карандашом, латинские — синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений — мер (только после цифр), химических, физических и матема-

тических величин. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи, в первый раз нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылки на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы или номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. В списке указываются фамилия и инициалы автора, название работы, журнал, в котором она опубликована (для книг — место издания и издательство), год издания, № журнала. Название журнала, в котором опубликована упоминаемая в списке литературы работа, дается полностью. Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры, если статья написана работником вуза; должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации представляются в одном экземпляре. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка простым карандашом должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

Редакция может возвращать авторам небрежно написанные статьи с требованием об их лучшем изложении и более аккуратном оформлении.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

Авторы получают бесплатно 30 оттисков своей статьи (за исключением публикаций в отделе библиографии и хроники).

№ пробной площади	Площадь пробы, га	Тип леса и происхождение	Состав древостоя	H <sub>ср</sub> , м	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	Количество моделей		Количество деревьев преобладающей породы по 10-летним группам возраста на 1 га																															
								под-роста	древос-той	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140	141-150	151-160	161-170	171-180	181-190	191-200	201-210	211-220	221-230	231-240	241-250	251-260	261-270	271-280	281-290	291-300
Относительно-одновозрастные насаждения																																							
1	0,25	Сосняк багульниково-сфагновый, пирогенный	10С, ед. Б	$\frac{9,1}{9,0}$	$\frac{84,5}{18,1}$	212	37	2800	1200	500	100	—	—	—	260	1350	1250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,01	"	6С4Б	$\frac{0,8}{1,1^*}$	—	293	—	600	27000	1700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ступенчато-разновозрастные насаждения																																							
7	0,50	Сосняк багульниково-сфагновый, пройден пожарами	10С, ед. К, Б	$\frac{11,5}{16,0}$	$\frac{125,4}{18,4}$	84	200	120	800	336	40	10	—	—	68	124	24	4	—	28	48	80	178	60	32	24	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Циклично-разновозрастные насаждения																																							
2	0,25	"	9С1Б	$\frac{10,6}{14,0}$	$\frac{113,8}{20,7}$	1141	36	90600	15400	3800	400	100	—	—	40	60	48	36	20	20	10	80	700	84	20	40	44	24	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	0,40	Ельник осоково-сфагновый, девственный	8Е1К1Б+С	$\frac{10,7}{14,0}$	$\frac{61,6}{12,2}$	82	43	500	150	650	850	425	375	250	125	350	275	150	25	50	100	100	125	200	150	100	50	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	0,25	"	8Е1К1Б+С	$\frac{10,0}{12,0}$	$\frac{95,2}{17,8}$	64	42	120	520	880	240	80	80	200	480	360	440	160	40	40	80	40	280	400	280	160	80	40	8	150	160	120	56	40	30	6	—	—	
5	0,50	Сосняк багульниково-сфагновый, девственный	9С1К+Б	$\frac{10,0}{13,8}$	$\frac{88,2}{17,4}$	495	212	44412	2224	1771	1218	1063	4	11	9	5	—	5	76	126	54	41	109	117	69	100	86	55	—	17	4	—	—	4	8	—	—	12	
11	0,30	"	9С1К+Б	$\frac{9,7}{11,1}$	$\frac{91,6}{17,2}$	155	44	22770	3210	5197	2723	1733	—	—	225	251	35	31	198	70	100	62	231	33	130	136	130	100	33	65	—	—	3	—	—	—	—		
12	0,25	"	9С1К+Б	$\frac{9,8}{11,8}$	$\frac{95,4}{16,7}$	192	41	30996	1938	3324	3324	1939	—	—	—	40	250	460	300	110	110	160	200	150	80	50	60	100	110	20	—	—	—	—	—	—	—	4	
Относительно-разновозрастные насаждения																																							
10	0,25	Сосняк багульниково-сфагновый, пройден пожарами	10С+Б	$\frac{10,0}{12,2}$	$\frac{109,5}{18,0}$	87	42	6448	13144	1584	—	—	—	—	—	—	40	40	40	40	280	400	360	80	80	120	80	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Абсолютно-разновозрастные насаждения																																							
6	0,12	Сосняк кассандрово-сфагновый, девственный	10С	$\frac{6,0}{8,4}$	$\frac{42,7}{10,9}$	245	37	55190	2430	2700	1890	2970	1890	319	540	270	368	240	233	196	135	172	172	74	62	122	147	110	62	62	60	36	12	12	24	12	—	—	
8	0,25	"	10С	$\frac{6,4}{7,8}$	$\frac{51,0}{11,5}$	161	245	25856	3844	2800	940	632	64	744	520	456	492	428	500	292	216	72	28	28	48	32	4	48	20	24	20	4	—	12	8	12	—	—	
13	0,16	"	10С	$\frac{6,5}{7,0}$	$\frac{69,6}{15,6}$	326	39	15000	448	969	1140	456	156	42	30	30	12	126	192	744	342	390	372	162	60	102	60	42	18	48	12	—	6	—	—	—	—		

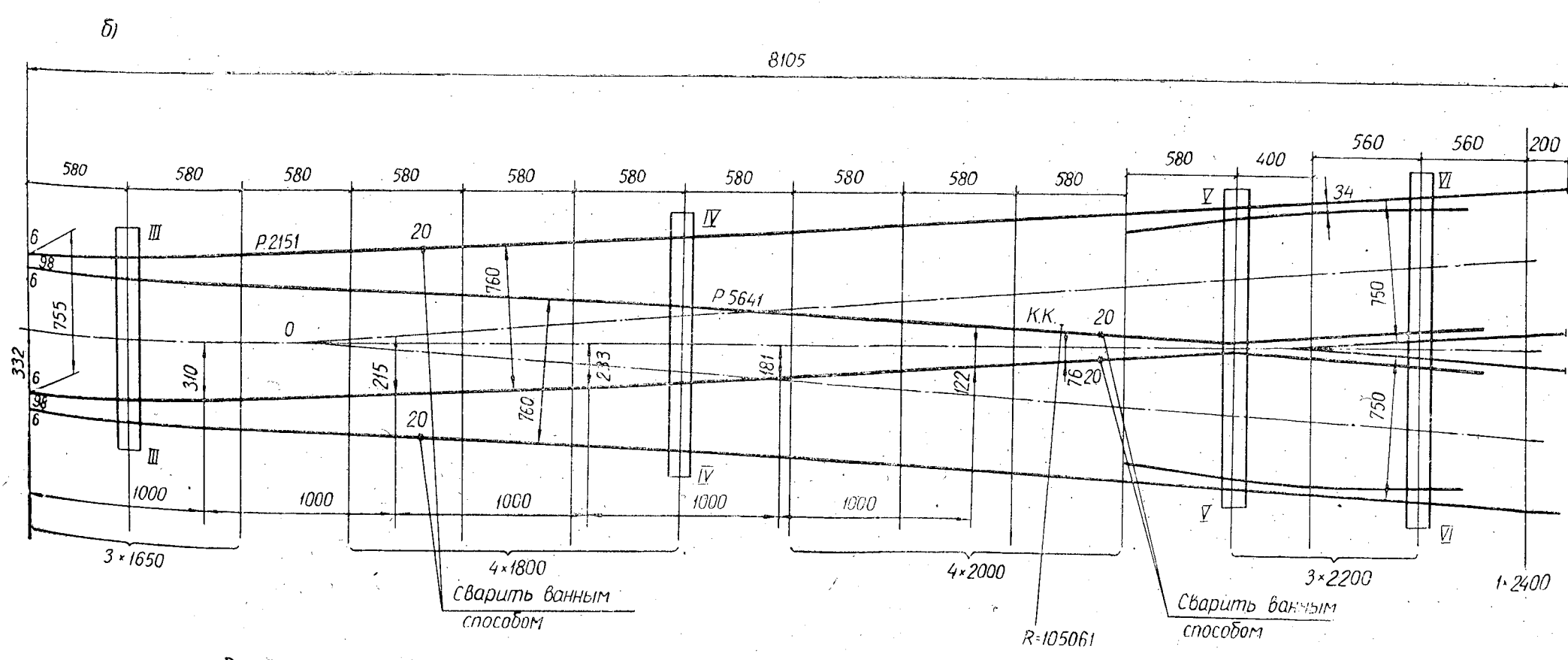
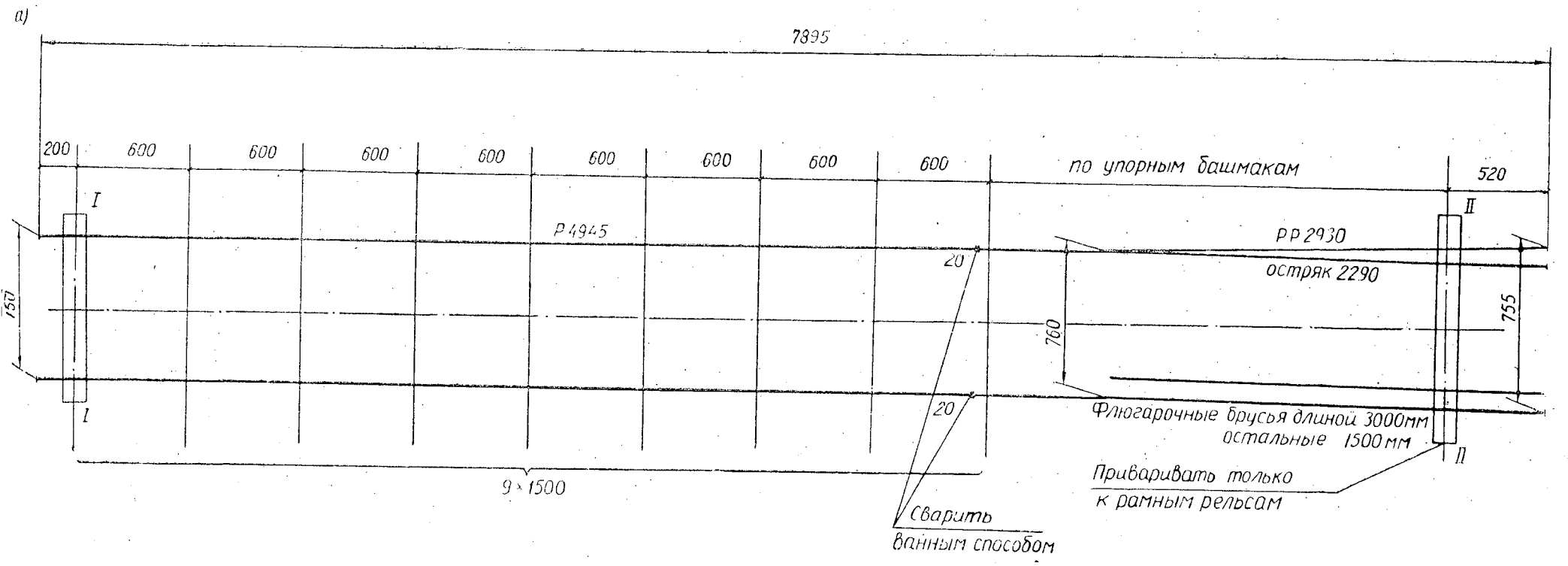
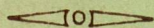


Рис. 5 Эюра сварного симметричного стрелочного перевода марки 1/7 общей длиной 16 м; а — звено-стрелка; б — звено-крестовина.

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

**Принимается подписка  
на журнал на 1963 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР**

Раздел

**„ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ“**

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца номерами по 15 печатных листов каждый. Подписная цена на год — 6 руб. Цена отдельного номера — 1 руб.

Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, комплекты журналов и отдельные номера за 1958, 1959, 1960, 1961 и 1962 гг. высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».